

UNIVERSIDAD NACIONAL DE TUMBES

**FACULTAD DE INGENIERÍA PESQUERA Y CIENCIAS DEL
MAR**

ESCUELA DE INGENIERÍA PESQUERA ACUÍCOLA



**Sustitución de harina de pescado por harinas de soya y pota en
alimentos para *Litopenaeus vannamei* en laboratorio**

TESIS

Para optar el título profesional de Ingeniero Pesquero Acuícola

Autores:

Jherson Aldair Peña Delgado

Johao Joel Pizarro Luna

Tumbes, 2026

UNIVERSIDAD NACIONAL DE TUMBES

FACULTAD DE INGENIERÍA PESQUERA Y CIENCIAS DEL
MAR

ESCUELA DE INGENIERÍA PESQUERA ACUÍCOLA



**Sustitución de harina de pescado por harinas de soya y pota en
alimentos para *Litopenaeus vannamei* en laboratorio**

Tesis aprobada en forma y estilo por:

Dra. Enedia Graciela Vieyra Peña


PRESIDENTE

Mg. Jorge Humberto Carrasco Casariego


SECRETARIO

Dr. Auberto Hidalgo Mogollón


VOCAL

Tumbes, 2026

UNIVERSIDAD NACIONAL DE TUMBES

FACULTAD DE INGENIERÍA PESQUERA Y CIENCIAS DEL
MAR

ESCUELA DE INGENIERÍA PESQUERA ACUÍCOLA



**Sustitución de harina de pescado por harinas de soya y pota en
alimentos para *Litopenaeus vannamei* en laboratorio.**

**Los suscritos declaramos que la tesis es original en su contenido
y forma:**

Est. Jherson Aldair Peña Delgado

AUTOR

Est. Johao Joel Pizarro Luna

AUTOR

Dr. Auberto Hidalgo Mogollón

ASESOR

Tumbes, 2026

Acta de sustentación



UNIVERSIDAD NACIONAL DE TUMBES
VICERRECTORADO ACADEMICO
FACULTAD DE INGENIERIA PESQUERA Y CIENCIAS DEL MAR



"Año de la Recuperación y Consolidación de la Economía Peruana"

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

En Puerto Pizarro, el día seis del mes de julio del dos mil veintiséis, siendo las nueve horas con treinta minutos, en el aula A-6 de la Facultad de Ingeniería Pesquera y Ciencias del Mar de la UNTUMBES, se reunió el Jurado Calificador, designado con Resolución N° 072-2024/UNTUMBES-FIPCM-D, Dra. ENEDIA GRACIELA VIEYRA PEÑA (Presidenta), Mg. JORGE HUMBERTO CARRASCO CASARIEGO (Secretario), y Dr. AUBERTO HIDALGO MOGOLLON (Vocal – asesor, CODIGO ORCID N° 0000-0003-2921-4523), luego de la presentación, se procedió a evaluar, calificar y deliberar la sustentación de la tesis, titulada: "Sustitución de harina de pescado por harinas de soya y papa en alimentos para *Litopenaeus vannamei* en laboratorio", para optar el Título Profesional de INGENIERO PESQUERO ACUÍCOLA, presentado por los:

Br. JHERSON ALDAIR PEÑA DELGADO y Br. JOHAO JOEL PIZARRO LUNA

Concluida la sustentación y absueltas las preguntas, por parte de los sustentantes y después de la deliberación, el jurado, según el artículo N° 75 del Reglamento de Tesis de la Universidad Nacional de Tumbes, declara a los Bachiller:

JHERSON ALDAIR PEÑA DELGADO APROBADO, con calificativo: MUY BUENO
JOHAO JOEL PIZARRO LUNA APROBADO, con calificativo: MUY BUENO

Se hace conocer a los sustentantes, que deberá levantar las observaciones finales hechas al informe final de tesis, que el Jurado le indica.

En consecuencia, quedan APTO para continuar con los trámites correspondientes a la obtención del título profesional de Ingeniero Pesquero Acuicola, de conformidad con lo estipulado en la Ley Universitaria N° 30220, el Estatuto, Reglamento General de la UNTUMBES, Reglamento General de Grados y Títulos y Reglamento de Tesis de la Universidad Nacional de Tumbes.

Siendo las 10 horas y 50 minutos del mismo día, se dio por concluida la ceremonia académica, procediendo a firmar el acta de sustentación.

Puerto Pizarro, 06 de julio 2026


Dra. ENEDIA G. VIEYRA PEÑA
CODIGO ORCID N° 0000-0001-6541-7075
DNI N° 00217076
Presidente


Mg. JORGE H. CARRASCO CASARIEGO
CODIGO DE ORCID N° 0000-0001-8584-2026
DNI N° 00241031
Secretario


Dr. AUBERTO HIDALGO MOGOLLON
CODIGO ORCID N° 0000-0003-2921-4523
DNI N° 00250460
Vocal y Asesor

C.C.:
- Jurado (03) - Asesor Dr. AUBERTO HIDALGO M.
- Interesado - Archivo Decanato.

Los Ceibos S/N. Puerto Pizarro. Tumbes – Perú

Jherson Aldair Peña Delgado

13.06.2026. Informe final de tesis de Peña y Pizarro

 Efecto de la harina de vísceras de pollo como insumo de alimento de *Penaeus vannamei* en la etapa de juveniles

Detalles del documento

Identificador de la entrega

trnoid=3117-599914785

Fecha de entrega

14 Jun 2026, 11:14 GMT-5

Fecha de descarga

14 Jun 2026, 11:17 GMT-5

Nombre del archivo

13.06.2026. Informe final de tesis de Peña y Pizarro.docx

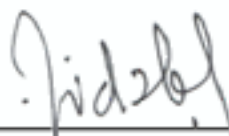
Tamaño del archivo

3.2 MB

66 páginas

13.920 palabras

79.125 caracteres



Dr. Auberto Hidalgo Mogollón
<https://orcid.org/0000-0003-2921-4523>
Docente Asesor

7% Similitud general

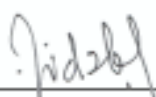
El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

Filtrado desde el informe

- ▶ Bibliografía
- ▶ Coincidencias menores (menos de 15 palabras)

Exclusiones

- ▶ N.º de fuente excluida


 Dr. Alberto Hidalgo Mogollón
<https://orcid.org/0000-0003-2921-4523>
 Docente Asesor

Fuentes principales

- 6%  Fuentes de Internet
- 2%  Publicaciones
- 4%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.

Fuentes principales

6%	 Fuentes de Internet
2%	 Publicaciones
4%	 Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Fuentes principales

Las fuentes con el mayor número de coincidencias dentro de la entrega. Las fuentes superpuestas no se mostrarán.

1	Internet	repositorio.untumbes.edu.pe	1%
2	Trabajos del estudiante	Universidad Nacional de Tumbes on 2025-07-31	<1%
3	Internet	libros.umariana.edu.co	<1%
4	Trabajos del estudiante	Universidad Nacional de Tumbes on 2018-07-28	<1%
5	Trabajos del estudiante	Universidad Nacional de Tumbes on 2024-01-17	<1%
6	Internet	biotecnia.unison.mx	<1%
7	Internet	repositorioinstitucional.uabc.mx	<1%
8	Trabajos del estudiante	Universidad Nacional de Tumbes on 2019-04-16	<1%
9	Internet	core.ac.uk	<1%
10	Publicación	Galarza Prieto, Jorge Carlos. "Differential Gut Microbiome Dynamics and Transcri...	<1%
11	Internet	renati.sunedu.gob.pe	<1%

12	Internet	dspace.untrru.edu.pe	<1%
13	Internet	repositorio.uandina.edu.pe	<1%
14	Internet	www.gndiario.com	<1%
15	Publicación	Martha P., Carlos I.. "Chapter 3 Advances In Domestication and Culture Techniqu...	<1%
16	Internet	repositorio.unapiquitos.edu.pe	<1%
17	Internet	repositorio.unica.edu.pe	<1%
18	Trabajos del estudiante	Universidad Nacional de Tumbes on 2026-01-27	<1%
19	Trabajos del estudiante	Universidad San Ignacio de Loyola on 2020-07-03	<1%
20	Internet	repositorio.utmachala.edu.ec	<1%
21	Internet	repositorio.xoc.uam.mx	<1%
22	Internet	www.globalseafood.org	<1%
23	Internet	www.redalyc.org	<1%
24	Trabajos del estudiante	Universidad Nacional de Tumbes on 2025-08-27	<1%
25	Internet	pdfs.semanticscholar.org	<1%

26	Internet	repositorio.lamolina.edu.pe	<1%
27	Internet	ru.dgb.unam.mx	<1%
28	Internet	www.researchgate.net	<1%

Dedicatoria

Trabajo dedicado con mucho amor y gratitud a mis padres Toribio Pizarro Marchan y a Josefina Luna López, por ser mi base firme en cada etapa de mi vida. Sus esfuerzos, consejos y amor incondicional me impulsaron a nunca bajar los brazos, incluso en los momentos más difíciles.

A mi hermano por estar siempre presente con su apoyo, su esfuerzo y siendo unos de los motivos para poder seguir demostrándole que mientras la vida tenga obstáculos hay que seguir adelante y con más fuerza, siempre tendrás mi apoyo, nunca lo dudes.

Y, especialmente, a mi pequeño Johan, quien con su sola presencia me enseñó el verdadero significado del amor sin límites. Eres una inspiración viva, la razón que me motiva a seguir construyendo un mejor futuro.

Porque los sueños no se detienen cuando el corazón tiene motivos para seguir latiendo.

Johao Joel Pizarro Luna

Dedicatoria

A Dios, por ser mi guía en cada paso, por fortalecerme y brindarme la fe necesaria para continuar hasta alcanzar esta meta.

A mis padres, Rosa Elvira Delgado Melgar y Celestino Peña Vincés, por su sacrificio, amor y valores inculcados que me han sostenido a lo largo de este camino.

A mi pareja, Ivana Betzabeth Alvarado Rodríguez, por su apoyo constante, comprensión y por ser una fuente de motivación en este proceso.

A mis hermanos y demás familiares, por sus experiencias compartidas y el respaldo incondicional.

Y a mí mismo, por no rendirme, por enfrentar cada obstáculo con valentía y por seguir adelante con perseverancia.

Jherson Aldair Peña Delgado

Agradecimiento

Se agradece a Dios por permitir la culminación del presente trabajo, a las personas que aportaron mucho con sus conocimientos, consejos y observaciones para mejorar nuestra tesis.

Agradecer a nuestro asesor; Dr. Auberto Hidalgo Mogollón por ser un gran docente, por brindarnos su constante apoyo y confianza en cada una de las observaciones, por su enseñanza, durante el desarrollo de la tesis

Al Ing. Paul Campaña Maza por su apoyo en la elaboración de los pellets en el laboratorio de industrial, por facilitarnos el uso de los equipos necesarios para la preparación de las dietas experimentales.

Al Ing. Gerardo Panta Farfán, por su colaboración en la ejecución del experimento, y a la Ing. Yeni Seminario Yamunaque, por sus aportes técnicos y sugerencias en la elaboración del informe final.

A los docentes de la Facultad de Ingeniería Pesquera y Ciencias del Mar de la Universidad Nacional de Tumbes, por su dedicación y formación académica brindada a lo largo de nuestra carrera profesional.

Finalmente, a nuestros compañeros y amigos, por el apoyo y motivación durante esta etapa académica.

ÍNDICE GENERAL

I.	INTRODUCCIÓN	20
II.	REVISIÓN DE LITERATURA	23
2.1.	Bases teóricas científicas	23
2.1.1.	Cultivo de langostino	23
2.1.2.	Sustitución de la harina de pescado	23
2.1.3.	Harinas vegetales.....	24
2.1.4.	Harina de soya	24
2.1.5.	Atractantes	25
2.1.6.	Harina de pota.....	25
2.1.7.	Crecimiento	26
2.1.8.	Control de parámetros físico-químicos	26
2.2.	Antecedentes	26
2.2.1.	Crecimiento y supervivencia.....	26
III.	MATERIALES Y MÉTODOS	30
3.1.	Lugar de ejecución	30
3.2.	Tipo y diseño de investigación	31
3.2.1.	Tipo de estudio y diseño de contrastación de hipótesis	31
3.2.2.	Diseño de investigación.....	31
3.3.	Población, muestra y muestreo	32
3.3.1.	Población	32
3.3.2.	Muestra	32
3.4.	Método y técnicas de recolección de datos	32
3.4.1.	Harina de pescado	32
3.4.2.	Harina soya	33
3.4.3.	Elaboración de harina de pota.....	34

3.4.4.	Preparación de dieta experimental	37
3.4.5.	Acondicionamiento del laboratorio	39
3.4.6.	Obtención y transporte de juveniles de <i>Litopenaeus vannamei</i>	40
3.4.7.	Siembra de langostinos de <i>L. vannamei</i>	41
3.4.8.	Alimentación	42
3.5.	Procesamiento y análisis de datos	43
3.5.1.	Crecimiento	43
3.5.2.	Supervivencia	43
3.5.3.	Factor de conversión alimenticio	44
3.5.4.	Parámetros de calidad de agua	44
3.5.5.	Procesamiento y análisis de datos	45
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	46
4.1.	Crecimiento de <i>Litopenaeus vannamei</i> utilizando diferente tipo de dieta.	46
4.2.	Supervivencia de <i>Litopenaeus vannamei</i> utilizando tres tipos de dietas.	51
4.3.	Factor de Conversión	54
4.4.	Control de parámetros físico- químicos	56
V.	CONCLUSIONES.....	59
VI.	RECOMENDACIONES	60
VII.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	61
	ANEXOS.....	68

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Valores referenciales de calidad de la harina de pescado (parámetros comerciales reportados)	28
Tabla 2. Ingredientes y porcentajes de las dietas preparadas (control, tratamiento 1 y 2)	34
Tabla 3. Media y desviación estándar del crecimiento, supervivencia y biomasa de <i>Litopenaeus vannamei</i>	42
Tabla 4. Control de pesos (g) promedios semanales de los diferentes tratamientos y control	43
Tabla 5. Control de peso semanal promedio de los diferentes tratamientos y control	44
Tabla 6. Supervivencia semanal de los diferentes tratamientos y control	46
Tabla 7. Alimento suministrado acumulado (g) por semana y tratamiento	49
Tabla 8. Incremento de biomasa total (B).....	49
Tabla 9. Cálculo del Factor de Conversión Alimenticio (FCA)	50
Tabla 10. Registros de los parámetros físico-químicos del agua de cultivo de <i>L. vannamei</i> en acuarios	52
Tabla 11. Análisis de varianza (ANOVA) con respecto a la biomasa en el ensayo experimental <i>in vivo</i> de <i>Litopenaeus vannamei</i>	64
Tabla 12. Análisis de varianza (ANOVA) con respecto a la supervivencia en el ensayo experimental <i>in vivo</i> de <i>Litopenaeus vannamei</i>	64
Tabla 13. Análisis de varianza (ANOVA) con respecto al incremento de peso en el ensayo experimental <i>in vivo</i> de <i>Litopenaeus vannamei</i>	64
Tabla 14. Prueba de Tukey con respecto a la biomasa en el ensayo experimental <i>in vivo</i> de <i>Litopenaeus vannamei</i>	65
Tabla 15. Prueba de Tukey con respecto a la supervivencia en el ensayo experimental <i>in vivo</i> de <i>Litopenaeus vannamei</i>	65
Tabla 16. Prueba de Tukey con respecto al peso promedio en el ensayo experimental <i>in vivo</i> de <i>Litopenaeus vannamei</i>	65
Tabla 17. Prueba de Tukey con respecto al incremento de peso promedio en el ensayo experimental <i>in vivo</i> de <i>Litopenaeus vannamei</i>	65

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación del lugar donde se desarrolló la investigación	25
Figura 2. Distribución de los tratamientos y repeticiones de cada unidad experimental	27
Figura 3. Recepción de la materia prima: A. Recepción de manto de pota y B. Limpieza y preparación del manto de pota	29
Figura 4. Picado y cocción de la pota	30
Figura 5. Prensado de pota para eliminar el exceso de líquido	30
Figura 6. Etapas de procesamiento de harina de pota. A. Secado de pota y B. Molienda de pota secada	31
Figura 7. Almacenamiento de la harina de pota	32
Figura 8. Aclimatación y siembra de langostino	37
Figura 9. Medición de parámetros utilizando el kit y oxímetro	39
Figura 10. Promedio y desviación estándar del peso promedio (g) por tratamiento y control	42
Figura 11. Pesos promedios semanales (g) por tratamiento y control	43
Figura 12. Variación semanal de la supervivencia (%) de los tratamientos y control (semanal)	47
Figura 13. Supervivencia de <i>L. vannamei</i> utilizando tres tipos de dietas (por tratamientos)	47
Figura 14. Parámetros fisicoquímicos de <i>L. vannamei</i> utilizando tres tipos de dietas	53

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Análisis de varianza con respecto a la biomasa, supervivencia, peso promedio e incremento de peso de ensayo experimental <i>in vivo</i> de <i>Litopenaeus vannamei</i>	64
Anexo 2. Prueba de Tukey con respecto a la biomasa, supervivencia, peso promedio e incremento de peso de ensayo experimental <i>in vivo</i> de <i>Litopenaeus vannamei</i>	66

Sustitución de harina de pescado por harinas de soya y pota en alimentos para *Litopenaeus vannamei* en laboratorio

Br. Jherson Aldair Peña Delgado¹

Br. Johao Joel Pizarro Luna¹

Dr. Auberto Hidalgo Mogollón²

RESUMEN

El estudio tuvo como objetivo evaluar el efecto de la sustitución parcial de harina de pescado por harina de soya y harina de pota en la dieta sobre el crecimiento, la supervivencia y la eficiencia alimenticia de *Litopenaeus vannamei* en condiciones de laboratorio. La investigación se realizó en el Laboratorio de Acuicultura II de la Facultad de Ingeniería Pesquera y Ciencias del Mar de la Universidad Nacional de Tumbes, empleando un diseño completamente al azar con tres tratamientos: Control (harina de pescado), T1 (36% de harina de soya y 5% de harina de pota) y T2 (30% de harina de soya y 11% de harina de pota), cultivando 10 juveniles por acuario con un peso inicial promedio de 2,8 g. Los resultados mostraron pesos finales de 3,45 g (control), 4,29 g (T1) y 4,37 g (T2), y supervivencias de 93,3% (tratamiento 1), 80,0% (tratamiento 2) y 86,7% (control). El Factor de Conversión Alimenticio (FCA) fue 1,83 en el Control, 1,64 en T1 y 1,77 en T2, destacando T1 como el tratamiento más eficiente. Los parámetros de calidad de agua se mantuvieron dentro de los rangos adecuados para la especie: oxígeno 5,4-5,6 mg/l, temperatura 26-27 °C, pH 7,5-7,8, salinidad 25 ppm y nitrógeno amoniacal total (TAN) 0,45-0,50 mg/l. El ANOVA y la prueba de Tukey ($p > 0,05$) no detectaron diferencias significativas en crecimiento, aunque sí se identificó una diferencia significativa ($p < 0,05$) en supervivencia para T2. Se concluye que la sustitución parcial de harina de pescado por harina de soya y pota es viable para *L. vannamei*, manteniendo adecuados niveles de crecimiento, supervivencia y eficiencia alimenticia.

Palabras claves: Harina de soya, harina de pota, harina de pescado, crecimiento, supervivencia, *Litopenaeus vannamei*.

¹Bachilleres de la Escuela de Ingeniería Pesquera Acuicola de la Universidad Nacional de Tumbes

²Profesor Principal de la Facultad de Ingeniería Pesquera y Ciencias del Mar de la Universidad Nacional de Tumbes

Tesis presentada para obtener el título profesional de Ingeniero Pesquero Acuicola

Universidad Nacional de Tumbes

Facultad de Ingeniería Pesquera y Ciencias del Mar

Escuela Profesional de Ingeniería Pesquera Acuicola

Calle Los Ceibos S/N Puerto Pizarro, Tumbes, Perú

email: 170298181@untumbes.edu.pe

email: 170115181@untumbes.edu.pe

Substitution of fishmeal with soy and squid meal in food for *Litopenaeus vannamei* in the laboratory

Br. Jherson Aldair Peña Delgado¹

Br. Johao Joel Pizarro Luna¹

Dr. Auberto Hidalgo Mogollón²

ABSTRACT

The study aimed to evaluate the effect of partially replacing fishmeal with soybean meal and squid meal in the diet on the growth, survival, and feed efficiency of *Litopenaeus vannamei* under laboratory conditions. The research was conducted in the Aquaculture Laboratory II of the Faculty of Fisheries Engineering and Marine Sciences at the National University of Tumbes, using a completely randomized design with three treatments: Control (fishmeal), T1 (36% soybean meal and 5% squid meal), and T2 (30% soybean meal and 11% squid meal), with 10 juveniles per aquarium and an average initial weight of 2.8 g. The results showed final weights of 3.45 g (control), 4.29 g (T1), and 4.37 g (T2), with survival rates of 93.3% (treatment 1), 80.0% (treatment 2), and 86.7% (control). The Feed Conversion Ratio (FCR) was 1.83 in the control group, 1.64 in T1, and 1.77 in T2, with T1 being the most efficient treatment. Water quality parameters remained within the appropriate ranges for the species: oxygen 5.4–5.6 mg/L, temperature 26–27 °C, pH 7.5–7.8, salinity 25 ppm, and total ammonia nitrogen (TAN) 0.45–0.50 mg/L. ANOVA and Tukey's test ($p > 0.05$) did not detect significant differences in growth, although a significant difference ($p < 0.05$) in survival was identified for T2. It is concluded that the partial substitution of fishmeal with soybean meal and squid is viable for *L. vannamei*, maintaining adequate levels of growth, survival, and feed efficiency.

Keywords: Soybean meal, squid meal, fishmeal, growth, survival, *Litopenaeus vannamei*.

¹Bachelor's Degree from the School of Fisheries and Aquaculture Engineering, National University of Tumbes

²Professor, Faculty of Fisheries Engineering and Marine Sciences, National University of Tumbes

Thesis submitted to obtain the professional title of Fisheries and Aquaculture Engineer

National University of Tumbes

Faculty of Fisheries Engineering and Marine Sciences

Professional School of Fisheries and Aquaculture Engineering

Los Ceibos Street, Puerto Pizarro, Tumbes, Peru

email: 170298181@untumbes.edu.pe

email: 170115181@untumbes.edu.pe

2026

I. INTRODUCCIÓN

En 2022, la acuicultura global logró un récord al alcanzar los 130,9 millones de toneladas, distribuidas en 94,4 millones correspondientes a animales acuáticos y 36,5 millones de algas. Los crustáceos destacaron con 12,75 millones de toneladas, principalmente langostinos, generando un valor de 95,200 millones de dólares (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO], 2024).

La acuicultura ha mostrado un desarrollo sostenible a lo largo del tiempo (FAO, 2020). En los cultivos de langostino (*L. vannamei*), se han implementado estrategias como la regulación de la densidad de siembra, el uso de fuentes alimenticias alternativas y la incorporación de probióticos, con el propósito de optimizar la eficiencia del cultivo, aumentar la productividad y mejorar la calidad del producto final (Arámbul, 2020).

El sector acuícola es uno de los más productivos, destacando el langostino (*Litopenaeus vannamei*) por su valor económico y capacidad de generar empleo (Falconi, 2019). Su desarrollo ha incluido mejoras operativas como el control de densidad, alimentos alternativos y uso de probióticos, lo que ha permitido mejorar tanto el rendimiento como la calidad del producto (Arámbul, 2020).

Para superar los desafíos en el cultivo de langostino, se prioriza el desarrollo de alimentos balanceados de calidad y bajo costo, empleando ingredientes económicos y nutritivos. Si bien las proteínas animales son digestibles y palatables, su uso resulta costoso y está cada vez más restringido (Noblecilla, 2020).

Un adecuado aprovechamiento de estos subproductos marinos puede dar lugar a la creación de nuevos productos alimenticios, dado que contienen nutrientes esenciales que son aprovechables en la formulación de ingredientes de alto valor para la nutrición en acuicultura (Toyes, 2016).

La inclusión de harina de pota en pequeñas cantidades en dietas para langostino actúa como atrayente, aumentando la ingesta y el crecimiento hasta en un 5 % (Ezquerro-Brauer et al., 2007). Por ello, la investigación se centra en formular un alimento que reduzca harina de pescado y la sustituya por harina de soya y pota.

La harina de pescado, tradicionalmente utilizada por su alto contenido proteico en la acuicultura, presenta limitaciones como su alto costo, dependencia del mercado global e impactos ambientales negativos, lo que la hace insostenible a largo plazo. Por ello, se requieren alternativas más sostenibles (FAO, 2020).

Álvarez et al. (2005) señalan que la harina de soya, por su alto valor proteico y bajo costo, es útil en la alimentación de langostinos, aunque sus factores antinutricionales pueden afectar su aceptación. Este inconveniente puede ser compensado con aditivos como harina de pota, de cabeza de langostino y aceite de pescado, mejorando la palatabilidad y reduciendo costos, según lo mencionado anteriormente surge la siguiente interrogante ¿Cuál es el efecto de la sustitución parcial de harina de pescado por harina de soya y harina de pota en la dieta sobre el crecimiento, la supervivencia y la eficiencia alimenticia (FCA) de *Litopenaeus vannamei* en condiciones de laboratorio?

Esta investigación es crucial para abordar los desafíos relacionados con el alto costo y la baja accesibilidad de la harina de pescado, que constituye aproximadamente el 60% de la inversión total en el cultivo de langostinos. Dada la importancia de utilizar materias primas económicas y con un buen perfil nutricional en la alimentación de camarones peneidos, como señala Noblecilla (2020), se hace evidente la necesidad de encontrar alternativas viables, Mientras que Carrasco (2016), resalta el potencial de los subproductos marinos como fuentes proteicas de bajo costo y alta calidad, ofreciendo una alternativa viable y sostenible.

Los beneficios de esta investigación son diversos y significativos. En primer lugar, el uso de ingredientes alternativos más accesibles y pueden reducir los costos de producción en el cultivo de langostinos, mejorando así la rentabilidad para los productores. Además, al emplear proteínas de origen vegetal en lugar de animal, se puede abordar la escasez y el alto costo asociado con las proteínas animales, promoviendo así una mayor sostenibilidad en la producción acuícola (Araujo, 2021; Noblecilla, 2020).

El presente trabajo tiene como objetivo principal evaluar el efecto de la sustitución parcial de harina de pescado por harina de soya y harina de pota sobre el crecimiento, la supervivencia y la eficiencia alimenticia (FCA) de *Litopenaeus vannamei* bajo condiciones experimentales.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Bases teóricas científicas

2.1.1. Cultivo de langostino

El cultivo de langostino empezó en la década de los 70 como un experimento hecho por el Instituto del Mar del Perú (IMARPE), estableciéndose con mayor fuerza en la zona norte del Perú, los avances científicos influyeron en favor del crecimiento de la industria del cultivo de langostino. El alimento balanceado representa el gasto más significativo en el cultivo, los avances científicos en base a la alimentación han logrado que dichos costos se reduzcan en un 30 y 40%, sin embargo, siguen siendo el costo más elevado del cultivo (Romero, 2018).

Vegas (2019) menciona que una alimentación adecuada en el cultivo del langostino permite un mayor crecimiento, reducir el FCA y costos.

El conocimiento de las necesidades nutricionales, calidad de los insumos y alimento balanceado usado en la alimentación del langostino facilitará estrategias para reducir costos en el cultivo de langostino, los recursos marinos como los aceites de pescados y las harinas que se han usado a través de los años como materia prima para la elaboración del alimento del langostino. Sin embargo, se busca reducir costos reemplazando los insumos marinos por harinas y aceites de soya que son económicos (Berger, 2000).

2.1.2. Sustitución de la harina de pescado

La harina de pescado se considera uno de los ingredientes fundamentales en la elaboración de alimentos balanceados; su elevada calidad y digestibilidad la hacen un componente clave en la dieta de diversas especies, especialmente en acuicultura, proporcionando proteínas, lípidos, minerales y vitaminas esenciales (Talledo, 2010). Sin embargo, la reducción cada vez más de este insumo, así como

su alto costo, han conllevado a realizar esfuerzos para encontrar productos alternativos de alta calidad que puedan reemplazar parcialmente, aunque es difícil en términos de valor nutricional y valor comercial, sin embargo, de una manera parcial es posible disminuir los niveles de harina de pescado en el alimento balanceado. En la búsqueda de un reemplazo para esta harina se han ensayado diferentes productos a los que se les complementa con los aminoácidos correspondientes (Piñeros-Roldan et al., 2014).

2.1.3. Harinas vegetales

Para el sector de la acuicultura, las harinas vegetales han sido utilizadas como reemplazo parcial de la harina de pescado, porque aportan proteínas y sus costos de fabricación son menores en comparación con la harina de pescado (Cota, 2018). Algunos de los vegetales que se emplean para hacer estas harinas son las semillas oleaginosas, como son la soja, el *raps*, el girasol y la canola (Zaldívar, 2002).

2.1.4. Harina de soya

La soya contiene compuestos biológicamente activos, como inhibidores de enzimas y factores anti-nutricionales, que pueden reducir la digestibilidad de sus proteínas para optimizar su valor nutricional, es fundamental someter el grano a un tratamiento térmico, como la cocción o el tostado, durante su procesamiento. Este tratamiento desactiva estos compuestos, facilitando la absorción y aprovechamiento de las proteínas por parte del organismo, mejorando así su calidad nutricional y biodisponibilidad (Luna, 2006).

Faillace et al. (2016) evaluaron el uso de una dieta alta en proteína vegetal formulada con harina de soya para el cultivo de langostinos, comparándola con una dieta control que utiliza harina de pescado. Ambas dietas presentaron niveles equivalentes de proteína (35%). Los resultados obtenidos no evidenciaron diferencias significativas en los parámetros de crecimiento y supervivencia entre las dietas evaluadas, lo que sugiere que la harina de soya puede ser una alternativa efectiva a la harina de pescado. Esto permite reducir costos de producción sin comprometer la eficiencia productiva.

Según Abd El-Naby et al. (2023) la fermentación de la harina de soya contribuye a la eliminación de factores antinutricionales, lo que aumenta la digestibilidad de los lípidos y mejora su valor nutricional. Este proceso también ha demostrado beneficios en parámetros inmunológicos, antioxidantes y enzimáticos digestivos en diversas especies acuícolas, lo que respalda el uso de harina de soya fermentada como una alternativa viable y sostenible a la harina de pescado, especialmente para especies como *Litopenaeus vannamei*.

2.1.5. Atractantes

La eficacia de un alimento balanceado va a depender de que los langostinos lo consuman, por eso el alimento debe tener una buena apariencia, densidad, textura, olor, sabor. La harina de pota utilizada en pequeñas cantidades en el alimento o en extractos solubles tiene un buen efecto como attractante de los langostinos, lo que incrementa la ingesta del alimento (Martínez, 1997).

Álvarez (2007) indicó que hay otras alternativas que sirven como attractantes en la elaboración del alimento balanceado como son el rociado del alimento con aceite de pescado o con harina de cabezas de camarón, debido a que ayuda al alimento a tener mayor atractabilidad y palatabilidad, permitiendo la reducción del FCA.

2.1.6. Harina de pota

La harina de pota (*Dosidicus gigas*), con un alto contenido proteico (77,7 %) y bajo en grasas y fibra cruda, ofrece un perfil nutricional favorable, con aminoácidos esenciales como la lisina y el ácido glutámico. Además, su aporte calórico es reducido (4 kcal/g) (Calvo et al., 2016).

Ezquerria-Brauer et al. (2007), sugieren que el uso de la harina de pota en pequeños porcentajes como aditivo para dietas usadas en la alimentación de juveniles de *L. stylirostris*, indica que se reemplazó parcialmente entre 5 y 15% de la harina de pescado por harina de pota, encontrando que este cambio mejoró en 5% el crecimiento; en el caso de *L. vannamei*, se reemplazó parcialmente 15% de la harina de pescado por harina de pota, mejorando un 3% su crecimiento, esto mostró que la harina de pota incrementa el crecimiento al actuar como attractante en el alimento balanceado empleado en el cultivo de langostino.

2.1.7. Crecimiento

Un estudio reciente analizó el uso de harina de mísidos como sustituto total de la harina de pescado en las dietas para postlarvas de *L. vannamei*. Los resultados indicaron que la harina de mísidos puede sustituir hasta el 100% de la harina de pescado sin afectar negativamente la supervivencia, el crecimiento, la utilización del alimento y la retención de nutrientes. Además, se observará una promoción del crecimiento del camarón al reemplazar el 65,50% de la harina de pescado por harina de mísidos (Traifalgar, 2024).

2.1.8. Control de parámetros físico-químicos

El manejo adecuado de la calidad del agua es un factor determinante para el éxito en el cultivo de *Litopenaeus vannamei*, ya que cada parámetro físico-químico puede influir de manera significativa en la salud y desarrollo del camarón. Diversos autores han propuesto rangos óptimos para estos parámetros. Según Mayer (2012), los valores ideales para el cultivo de *L. vannamei* son: temperatura entre 28 y 30 °C, oxígeno disuelto de 4 a 8 mg/l, pH de 7,5 a 8,5 y salinidad entre 15 y 30 ppm. Por su parte, Clifford (1994) establece rangos similares para la temperatura (28–30 °C), pero sugiere un oxígeno disuelto más elevado (6–10 mg/l), una salinidad de 15–25 ppm y un pH entre 8,1 y 9,0. Asimismo, el Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (SENASICA, 2003), recomienda una temperatura de 20 a 30 °C, un oxígeno disuelto mínimo de 4 mg/l, una salinidad de 20 a 35 ppm y un pH entre 7,8 y 8,3, mientras que Bustamante (2022), señala que el nitrógeno amoniacal total (TAN) es un compuesto que, en concentraciones superiores a 1 mg/l, puede llegar a ser letal para el langostino.

2.2. Antecedentes

2.2.1. Crecimiento y supervivencia

La sustitución de la harina de pescado (FM) por fuentes proteicas alternativas ha sido una de las líneas de investigación más recurrentes para optimizar simultáneamente el crecimiento y la supervivencia del camarón. Álvarez (2007), en una serie de cinco experimentos con juveniles de *Litopenaeus schmitti*, encontró que la formulación S70 suplementada con 50 mg/kg de astaxantina, 5% de harina

de cabeza de langostino y 0,5 % de aceite de pescado incrementó el crecimiento en 43%, la supervivencia en 22% y redujo el factor de conversión alimenticia en 49%. De forma complementaria, Álvarez et al. (2005), demostraron que dietas con 5% de harina de cabeza de langostino y 0,5% de aceite de pescado lograron aumentos en talla de hasta 17,9%, manteniendo tasas de supervivencia estables, lo que confirma que la inclusión de atrayentes de origen animal favorece la eficiencia alimenticia y reduce la mortalidad.

Resultados similares han sido obtenidos con proteínas vegetales. Abd El-Naby et al. (2024) evaluaron dietas con sustitución de FM por harina de soya fermentada (FSBM) hasta un 40%, reportando que el nivel de 20% generó los mayores valores de crecimiento (10,59 g de peso final y 9,01 g de ganancia), manteniendo en todos los tratamientos una supervivencia del 100%. Hamidoghli et al. (2020), además de confirmar la viabilidad de sustituir FM con proteínas vegetales fermentadas, demostraron que estas mejoran la digestibilidad y la respuesta inmune, generando mayores tasas de supervivencia frente a desafíos con *Vibrio parahaemolyticus*. De manera complementaria, Noblecilla (2020) sostuvo que, aunque las proteínas animales presentan un perfil de aminoácidos superior, el uso de alternativas vegetales, especialmente procesadas por extrusión o fermentación, puede sostener el crecimiento y la viabilidad de los organismos reduciendo costos productivos.

El uso de harinas de origen animal alternativo también ha demostrado ser efectivo. Andam et al. (2024), encontraron que la harina de mίσido (MM) puede reemplazar hasta el 100% de la FM en la dieta de postlarvas de *P. vannamei* sin afectar ni el crecimiento ni la supervivencia, estableciendo un nivel óptimo de sustitución del 65,5%. Pan et al. (2022), en un ensayo con *Penaeus monodon*, reportaron que la suplementación de dietas bajas en FM con hidrolizado de calamar mejoró significativamente el crecimiento (WG: 534–555%), sin comprometer la supervivencia (84,87–92,11%). De manera semejante, Varillas (2021), demostró que la suplementación con 3% de harina de krill o calamar gigante en dietas para *L. vannamei* produjo el mayor peso final (10,82 $\pm$ 0,86 g) y mantuvo tasas de supervivencia superiores al 96%, destacando la efectividad de estos atrayentes marinos en la mejora simultánea del desempeño productivo y la viabilidad del cultivo.

El reemplazo completo de la harina de pescado por harina de soya también ha sido evaluado. Cardoso (2022), diseñó un experimento de 77 días con dietas que variaban de 18% a 0% de FM, reemplazada por HS suplementada con aminoácidos esenciales, reportando supervivencias de $92,8 \pm 4,0\%$ y crecimientos uniformes de 1,34 g por semana, lo que confirma que, bajo formulaciones balanceadas, es posible prescindir de la FM sin comprometer los resultados productivos. Faillace et al. (2016), también determinaron que es factible sustituir hasta el 85% de la FM por harina de soya sin comprometer la supervivencia ni la eficiencia alimenticia, mientras que Moreno (2013), concluyó que dietas con apenas 3% de FM no afectaron significativamente la supervivencia ni el crecimiento en cultivos de precría de *L. vannamei*, lo que evidencia que la dependencia de FM puede reducirse considerablemente en sistemas de producción comerciales.

En lo que respecta al manejo de densidad y sistemas de cultivo, Arámbul (2020), evaluó dietas comerciales, incluyendo una formulada sin harina de pescado, bajo densidades de 300, 500 y 700 Pl/m³ en un sistema super-intensivo con geomembranas. Los resultados mostraron que la dieta libre de FM logró un peso promedio de 7,65 g en un ciclo de 90 días a densidad de 500 Pl/m³, con menor variabilidad en el peso final, lo que sugiere que el manejo adecuado de densidades puede optimizar tanto el crecimiento como la supervivencia. De manera relacionada, Villarroel (2024), encontró que, en reproductores alimentados con dietas naturales y comerciales, la supervivencia alcanzó hasta 98,03% en algunos ciclos, confirmando que la calidad y el equilibrio proteico de la dieta impactan directamente en la viabilidad y en la tasa de eclosión.

El aporte de aditivos funcionales y atrayentes ha sido ampliamente documentado. He et al. (2022), probaron siete dietas con combinaciones de vísceras de calamar, solubles de pescado y extractos de levadura, logrando pesos finales cercanos a 9 g, ganancias de peso superiores al 1,180% y supervivencias entre 93 y 98%, además de mejoras en la expresión génica y la integridad intestinal. Por su parte, Ma et al. (2020), demostraron que la inclusión de 1–2% de autolisado de levadura en dietas mejoró la conversión alimenticia, la eficiencia proteica y la resistencia a enfermedades bacterianas, lo cual se tradujo en mayor crecimiento y menor mortalidad frente a *Vibrio parahaemolyticus*. Estos hallazgos refuerzan que la suplementación dietaria puede actuar como un factor clave en la interrelación

crecimiento-supervivencia, incrementando tanto el rendimiento como la resiliencia de los organismos.

La diversificación de ingredientes también ha sido destacada por Porto-Fragozo y Rodríguez-Forero (2023), quienes evaluaron fuentes proteicas alternativas como harinas vegetales, insectos, subproductos avícolas y proteínas microbianas, concluyendo que es posible mantener tasas de crecimiento y supervivencia similares a las obtenidas con FM siempre que se garantice un perfil adecuado de aminoácidos y digestibilidad. En el mismo sentido, Álvarez-Perdomo et al. (2023), resaltaron que la inclusión parcial de harina de biofloc en dietas puede sostener tasas de crecimiento y eficiencia alimenticia comparables a las dietas tradicionales, además de mejorar la calidad del agua, lo cual repercute positivamente en la supervivencia. Araujo (2021), con una dieta a base de soja pre-digerida, también evidenció mejoras en el peso final de los organismos en fase de pre-cría, confirmando la viabilidad de insumos vegetales procesados en el aumento del crecimiento sin comprometer la supervivencia.

Por último, Suárez et al. (2009), señalaron que la sustitución parcial de la FM por fuentes vegetales como soja y pota es una estrategia viable para reducir costos sin comprometer ni el crecimiento ni la supervivencia del camarón. Este enfoque económico, sumado a los avances en dietas fermentadas y en aditivos funcionales, respalda el tránsito hacia sistemas de cultivo más sostenibles y competitivos.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Lugar de ejecución

La investigación fue realizada en el laboratorio de Acuicultura II, perteneciente a la Facultad de Ingeniería Pesquera y Ciencias del Mar, ubicado en la Villa de Puerto Pizarro, provincia y departamento de Tumbes. La ubicación del lugar donde se desarrolló la investigación se muestra en la figura 1.

Figura 1

Ubicación del lugar donde se desarrolló la investigación



Nota. Google earth 2025

3.2. Tipo y diseño de investigación

3.2.1. Tipo de estudio y diseño de contrastación de hipótesis

De acuerdo al fin que se persiguió, la investigación fue de tipo aplicada, debido a que consistió en la aplicación de conocimientos básicos referentes a la sustitución parcial de harina de pescado por harina de soya adicionada con harina de pota y el efecto que causó en el crecimiento y supervivencia de langostinos en acuarios. De acuerdo al enfoque, esta investigación fue cuantitativa, debido a que se realizó la recopilación y análisis de datos obtenidos en cuanto a las variables dependientes: crecimiento (peso promedio) y supervivencia.

De acuerdo al diseño de contrastación, fue experimental verdadera, debido a que estuvo orientada a descubrir el efecto de la sustitución parcial de harina de pescado por harinas de soya y pota en la dieta sobre el crecimiento y la supervivencia del langostino en laboratorio.

3.2.2. Diseño de investigación

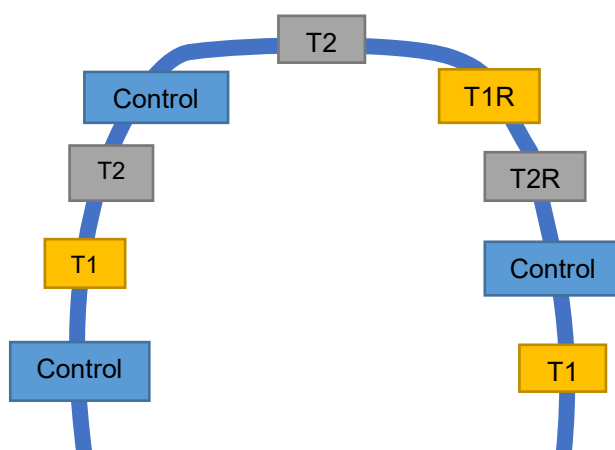
El diseño de investigación experimental verdadero, con una distribución completamente al azar, estuvo conformado por tres dietas: tratamiento control (dieta control, donde la harina de pescado fue la principal aportadora de proteína), tratamiento 1 (dieta experimental con 36% de harina de soya y 5% de harina de pota, sustituyendo parcialmente la harina de pescado), y tratamiento 2 (dieta experimental de 30% de harina de soya y 11% de harina de pota, sustituyendo parcialmente la harina de pescado).

La distribución de los acuarios fue completamente aleatoria, con un período experimental de 35 días. La alimentación se administró a saciedad, utilizando como referencia el 10% de la biomasa de los organismos. La densidad de cultivo fue de 10 organismos por acuario, y cada tratamiento contó con tres repeticiones, como se muestra en la figura 2.

Durante el desarrollo del experimento, los tratamientos y sus respectivas repeticiones se asignaron de manera aleatoria en un mesón dispuesto en forma de "U" invertida para garantizar un manejo homogéneo y controlado de las unidades experimentales.

Figura 2

Distribución de los tratamientos y repeticiones de cada unidad experimental



3.3. Población, muestra y muestreo

3.3.1. Población

La población estuvo constituida por todos los langostinos de *L. vannamei* obtenidos mediante un proceso de donación por el Taller de Enseñanza e Investigación de Recursos Acuáticos II de la Facultad de Ingeniería Pesquera y Ciencias del Mar de la Universidad Nacional de Tumbes, ubicada en Puerto Pizarro.

3.3.2. Muestra

La muestra estuvo constituida por 90 langostinos de *L. vannamei*.

3.4. Método y técnicas de recolección de datos

3.4.1. Harina de pescado

La harina de pescado utilizada en este estudio fue adquirida en un establecimiento comercial de materias primas destinadas a la elaboración de alimento balanceado, ubicado en el mercado modelo de Tumbes. La calidad de este insumo se evaluó en función de parámetros de referencia comúnmente aceptados en la industria.

En la tabla 1 se presentan los valores referenciales de calidad de la harina de pescado empleados como base para la formulación de las dietas.

De acuerdo con la Sociedad Nacional de Pesquería (SNP), la harina de pescado presenta, en promedio, un contenido proteico que oscila entre 60% y 72%, un nivel de lípidos comprendido entre 5% y 12%, y una humedad máxima del 9%, condiciones que aseguran su estabilidad y permiten un almacenamiento adecuado (SNP, 2024).

Tabla 1
Valores referenciales de calidad de la harina de pescado (parámetros comerciales reportados)

Parámetro	Valor promedio (%)
Proteínas brutas	≥65
Humedad	≤10
Lípidos	≤12
Cenizas	≤15
Cloruros	≤3

Nota. Los valores presentados en la tabla son referenciales y corresponden a composiciones comúnmente reportadas para harinas de pescado comerciales de grado estándar; no provienen de un análisis proximal del lote utilizado en el experimento.

3.4.2. Harina soya

La harina de soya utilizada en este estudio fue adquirida en un establecimiento comercial de insumos agroindustriales destinados a la elaboración de alimento balanceado, ubicado en el mercado local de Tumbes. La calidad de este ingrediente vegetal se evaluó considerando parámetros nutricionales ampliamente aceptados en la literatura y en la industria acuícola (FAO, 2020; Suárez et al., 2009).

De acuerdo con la FAO (2020), la harina de soya presenta, en promedio, un contenido de proteína bruta que oscila entre 52% y 55%, un nivel de lípidos cercano al 1,5–2,5%, y una humedad máxima de 12%. Estos valores le confieren un perfil nutricional balanceado, con alta digestibilidad y una adecuada estabilidad en almacenamiento, lo que asegura su uso como una de las principales fuentes proteicas en la formulación de dietas para organismos acuáticos.

3.4.3. Elaboración de harina de pota

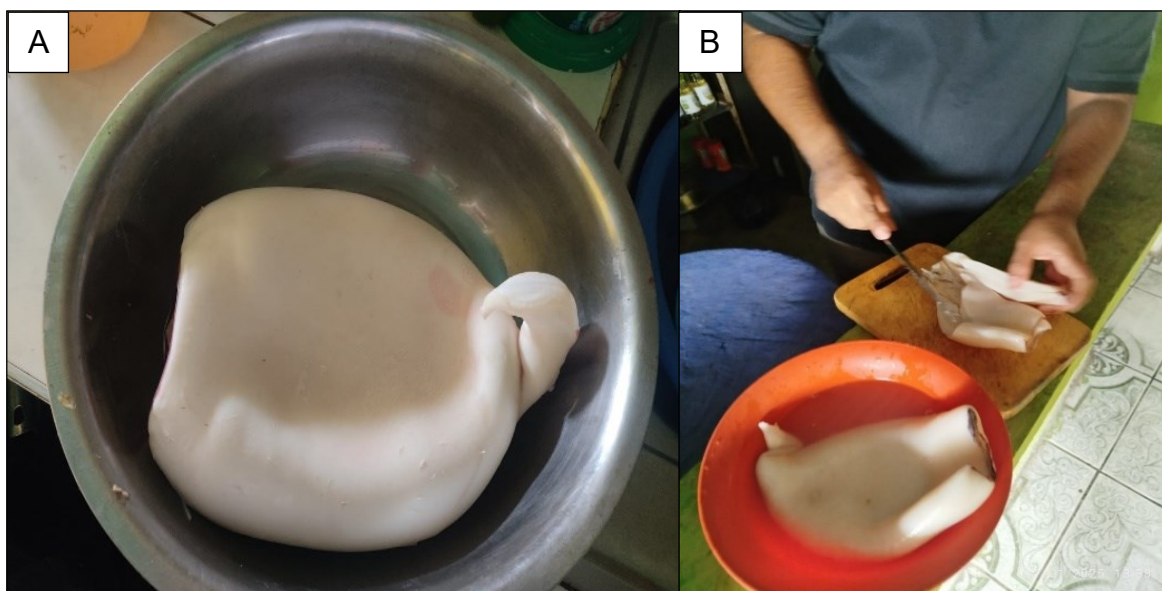
Se realizó de manera artesanal en un ambiente doméstico, siguiendo la metodología propuesta por Bereche (2019). El proceso de elaboración de la harina de pota se detalla en las figuras 3 a 6. A continuación, se describe el proceso empleado para la elaboración de la harina de pota:

A) Recepción y Preparación de la Materia Prima

Se adquirió 3 mantos de pota enteras frescas pesando en total 2,5 kilos en el mercado modelo local de Tumbes, asegurándose de seleccionar piezas en buen estado. Luego, se procedió a limpiarla y lavarla con agua limpia.

Figura 3

Recepción de la materia prima: A. Recepción de manto de pota y B. Limpieza y preparación del manto de pota



B) Picado y cocción de la Pota

La pota fue cortada en trozos pequeños, de aproximadamente 2-3 cm, utilizando cuchillos. Esto facilitó el proceso de secado. Los trozos de pota fueron hervidos en una olla grande con 2 litros de agua durante un periodo de 20 minutos. Este procedimiento permitió coagular las proteínas y reducir la carga microbiana (figura 3).

Figura 4

Picado y cocción de la pota



C) Prensado

Los trozos cocidos fueron colocados dentro de una tela resistente para exprimir la mayor cantidad de líquido posible.

Figura 5

Prensado de pota para eliminar el exceso de líquido



D) Secado y molienda:

Los trozos prensados fueron extendidos en una bandeja plástica y se colocaron bajo el sol. Se cubrieron con una malla raschel polietileno verde fina para evitar plagas y se giraron regularmente durante 3 días. Después de que los trozos estuvieron totalmente secos, se procedió a molerlos utilizando un molinillo de granos. La molienda se realizó hasta obtener una consistencia fina y homogénea.

Figura 6

Etapas de procesamiento de harina de pota. A. Secado de pota y B. Molienda de pota secada



E) Almacenamiento

La harina de pota obtenida fue almacenada en recipientes herméticos para prevenir la humedad y conservarla en buen estado.

Figura 7

Almacenamiento de la harina de pota



3.4.4. Preparación de dieta experimental

Se elaboraron tres dietas experimentales en las que los principales insumos fueron harina de pescado, harina de soya, maíz amarillo, polvillo de arroz y harina de pota, con proporciones específicas que garantizaron una mezcla uniforme y equilibrada. Además, se incluyeron otros insumos menores en ambas formulaciones para complementar el perfil nutricional.

Las proporciones se determinaron mediante el método sustitutorio, de tal manera que el contenido proteico resultara entre 28% y 35%, rango recomendado para dietas de juveniles de *Litopenaeus vannamei*. Los valores proteicos de los ingredientes utilizados en la formulación (tabla 2) se presentan como teóricos y calculados; en el caso de la harina de pescado, no fue posible contar con la ficha técnica oficial del proveedor local, por lo que se adoptaron composiciones promedio referenciales reportadas para harinas de pescado comerciales de grado premium, ampliamente documentadas en la literatura científica (Tacon y Metian, 2015; SNP, 2024). Para los demás ingredientes, como la harina de soya, el polvillo de arroz, el maíz amarillo y la harina de pota, se recurrió a referencias bibliográficas

especializadas y fuentes técnicas de uso común en nutrición acuícola (Suárez et al., 2009; Zaldívar, 2002; Yu-Hung & Yu-Ting, 2022).

En este sentido, se consideran valores promedio ampliamente citados en la literatura: la harina de pescado con un contenido de proteína de 60–72% (SNP, 2024), la harina de soya con 52–55% de proteína bruta (FAO, 2002), y la harina de pota (*Dosidicus gigas*) con 70–78% de proteína (Calvo et al., 2016; Ezquerro-Brauer et al., 2007). En cuanto a cereales y subproductos vegetales, el maíz amarillo presenta en promedio 10–11% de proteína, el polvillo de arroz 11–13%, y el subproducto de trigo 13–16% (FAO, 2020). Estos valores respaldan los porcentajes utilizados en la formulación experimental.

Los macroingredientes y micronutrientes fueron homogeneizados manualmente con una cuchara en un recipiente plástico, asegurando una mezcla uniforme durante 4 minutos. Posteriormente, se añadió agua tibia de linaza a 40 °C en una proporción de 500 ml/kg de alimento, junto con 0,2% de aceite de pescado y 0,15% de aceite vegetal, para mejorar la cohesión de la mezcla.

La formación de los pellets se realizó utilizando un molino de carne eléctrico modelo HV8 PLUS NE685838 equipado con una criba de 4 mm de diámetro. La mezcla fue pasada por el molino, obteniéndose tiras que fueron cortadas manualmente para alcanzar el tamaño requerido de los pellets.

Los pellets formados se secaron al aire libre durante 3 días, con el fin de disminuir su humedad. Posteriormente, fueron almacenados en baldes plásticos de 4 litros estériles y conservados en un ambiente fresco y seco del laboratorio de Acuicultura II.

En la tabla 2 se observaron detalladamente los ingredientes y porcentajes que se emplearon en la elaboración de las dietas.

Tabla 2*Ingredientes y porcentajes de las dietas preparadas (control, tratamiento 1 y 2)*

Ingredientes	Porcentajes de dietas					
	Dieta control		Dieta experimental 1		Dieta experimental 2	
	Porcentaje de uso (%)	Aporte proteico estimado (%)	Porcentaje de uso (%)	Aporte proteico estimado (%)	Porcentaje de uso (%)	Aporte proteico estimado (%)
Harina de pescado (<i>Engraulis sp.</i>)	33,0	22,44	10,0	6,8	10,0	6,8
Harina de soya	-	-	36,0	16,2	30,0	13,5
Harina de pota	-	-	5,0	3,75	11,0	8,25
Maíz amarillo	15,0	1,65	11,0	1,21	11,0	1,21
Subproducto de trigo	18,0	3,24	15,0	2,7	15,0	2,7
Polvillo de arroz	27,0	2,43	18,0	1,62	18,0	1,62
Aceite vegetal	0,15	-	0,10	-	0,10	-
Aceite de pescado	0,20	-	0,20	-	0,20	-
Probiótico	0,25	-	0,30	-	0,30	-
Fosfato di cálcico	0,10	-	0,15	-	0,15	-
Melaza	6,0	0,24	4,0	0,16	4,0	0,16
Vitaminas y minerales	0,30	-	0,25	-	0,25	-
Total	100,0	30,0	100,0	32,44	100,0	34,24

Nota. Los valores nutricionales y porcentajes presentados en esta tabla son teóricos y calculados. No se realizó análisis proximal (bromatológico) de las dietas por limitaciones logísticas/presupuestarias; la composición se obtuvo a partir de referencias bibliográficas especializadas y composiciones promedio de materias primas comerciales de calidad estándar.

Se reconoce la ausencia de análisis proximal en este estudio; futuros trabajos deberán incorporar análisis bromatológicos de las dietas y de los lotes de materia prima para complementar y ampliar la validez nutricional de las formulaciones aquí propuestas.

3.4.5. Acondicionamiento del laboratorio

Previo al inicio del experimento se acondicionaron las instalaciones del laboratorio de Acuicultura II, con el fin de garantizar condiciones higiénicas y seguras para el cultivo. El área destinada al almacenamiento de los alimentos fue organizada en una repisa de madera y vidrio, mientras que los acuarios se ubicaron sobre un mesón en forma de “U” invertida para facilitar el manejo experimental.

Los ambientes fueron limpiados con escoba, escobilla y franelas, y posteriormente desinfectados con una solución de hipoclorito de sodio al 5 %. De igual forma, los nueve acuarios de vidrio (90 × 40 × 40 cm) fueron lavados con escobilla y desinfectados mediante la aplicación de hipoclorito de sodio (5%) disuelto en 3 litros de agua durante 15 minutos. Una vez enjuagados con agua dulce, se dejaron secar al medio ambiente por 24 horas.

El sistema de aireación se implementó utilizando un blower de 1,5 HP conectado a mangueras de silicona de 0,5 cm de diámetro y piedras difusoras en cada acuario, asegurando una oxigenación constante y homogénea. El agua de cultivo fue bombeada desde el canal de marea de Puerto Rico, filtrada con una malla de 1 micra y almacenada en un tanque de 500 l. Posteriormente, se distribuyó en los acuarios, completando un volumen de 30 l por unidad experimental.

Durante el período experimental, se realizó un recambio parcial de agua cada tres días y se llevaron a cabo sifoneos diarios para la remoción de residuos orgánicos. Asimismo, se efectuó un monitoreo diario de temperatura, oxígeno disuelto mientras que la salinidad, pH y nitrógeno amoniacal total (TAN) registrados semanalmente con equipos estandarizados (oxímetro, refractómetro y kit colorimétrico API).

3.4.6. Obtención y transporte de juveniles de *Litopenaeus vannamei*

Se utilizaron 90 juveniles de *Litopenaeus vannamei* con un peso promedio inicial de 2,8 g, los cuales fueron obtenidos mediante donación del Taller de Enseñanza e Investigación de Recursos Acuáticos II de la Facultad de Ingeniería Pesquera y Ciencias del Mar de la Universidad Nacional de Tumbes. Para asegurar la viabilidad de los organismos, al momento de la extracción se registraron la temperatura y la salinidad del estanque de origen, con el propósito de contar con parámetros de referencia para la aclimatación posterior.

El transporte se efectuó en baldes plásticos de 20 l provistos de aireación constante mediante difusores conectados a difusores de oxígeno portátil, manteniendo una densidad máxima de 45 individuos por balde. El trayecto hasta el laboratorio de Acuicultura II tuvo una duración aproximada de 20 minutos, lo que permitió reducir el estrés por manipulación y garantizar la adecuada oxigenación de los organismos.

Una vez en el laboratorio, los ejemplares fueron sometidos a un proceso de aclimatación para evitar choques osmóticos y térmicos. Los baldes fueron colocados sobre los acuarios experimentales, permitiendo la nivelación progresiva de temperatura y salinidad mediante el intercambio paulatino de agua entre el recipiente de transporte y el acuario durante un período de 30 minutos. Finalizada la aclimatación, los juveniles fueron distribuidos de manera aleatoria en los acuarios correspondientes a cada tratamiento.

3.4.7. Siembra de langostinos de *L. vannamei*

Terminado el proceso de aclimatación, los juveniles de *Litopenaeus vannamei* fueron sembrados en los acuarios experimentales de manera aleatoria. La densidad de siembra se estableció en 10 organismos por acuario.

Previo a la siembra, se verificó que los acuarios contaran con aireación constante mediante piedras difusoras conectadas al sistema de oxigenación central, lo que aseguró niveles óptimos de oxígeno disuelto desde el inicio del ensayo. La aclimatación previa, basada en la nivelación de temperatura y salinidad entre el agua de transporte y la de los acuarios, permitió minimizar el estrés de los organismos y favorecer una adaptación rápida al nuevo medio.

Posteriormente, los juveniles fueron liberados cuidadosamente en los acuarios, procurando reducir al mínimo la manipulación directa. Cada unidad experimental quedó conformada con 10 individuos, manteniéndose homogénea la distribución entre los tratamientos y repeticiones.

Figura 8

Aclimatación y siembra de langostino



3.4.8. Alimentación

La alimentación se realizó todos los días durante cinco semanas. Se ofrecieron las tres dietas (dieta control, dieta experimental 1 y dieta experimental 2) elaborada según lo descrito en el punto 3.4.4, aplicándose de acuerdo con los tratamientos establecidos. La ración diaria correspondió al 10 % de la biomasa total por acuario, ajustándose semanalmente mediante muestreos de peso para garantizar un suministro proporcional al crecimiento de los organismos.

El alimento se suministró por separado en cada esquina de los acuarios, con una frecuencia de dos veces al día (primera ración a las 08:00 h y la segunda a las 14:00 h). La cantidad de alimento de cada ración se distribuyó uniformemente sobre la superficie del agua, favoreciendo que los organismos tuvieran acceso equitativo al recurso.

Con el propósito de mantener la calidad del agua, se retiraron manualmente los restos de alimento no consumido durante el sifoneo diario, evitando acumulación de materia orgánica en el fondo de los acuarios. Este manejo permitió controlar el consumo efectivo y asegurar que las condiciones experimentales se mantuvieran homogéneas en todos los tratamientos.

$$Q_A = \%B * W * N * S$$

Donde:

QA = cantidad de alimento que se usa por cada acuario (g)

%B = Tasa de alimentación.

W = Peso promedio de individuos por acuario (g).

N = Población inicial de individuos por acuario.

S = Supervivencia observada por acuario (%).

3.5. Procesamiento y análisis de datos

3.5.1. Crecimiento

El crecimiento se evaluó mediante el registro periódico del peso promedio de los organismos en cada tratamiento. Se calculó el peso promedio de los langostinos dividiendo la biomasa total de cada acuario por el número de individuos pesados. Las mediciones se realizaron utilizando una balanza digital con precisión de 0,01 g, a intervalos semanales, a fin de monitorear la evolución del crecimiento y ajustar la ración alimenticia correspondiente, como se muestra en la tabla 3.

Para la obtención de la biomasa, se siguió el siguiente procedimiento: primero, se extrajeron los langostinos de los acuarios utilizando un chayo. Luego, se secaron con una franela limpia utilizada solo para eliminar el exceso de agua. Posteriormente, se pesó el total de los langostinos y se registró el número de individuos pesados para calcular la biomasa total.

3.5.2. Supervivencia

La supervivencia de los langostinos se determinó como la relación porcentual entre el número de individuos vivos al finalizar el experimento y el número de organismos al inicio de cada tratamiento. El conteo de individuos se realizó diariamente para registrar posibles mortalidades en cada unidad experimental. Se llevó un registro semanal hasta el final del ensayo. La supervivencia se calculó mediante regla de tres simple (anexo).

3.5.3. Factor de conversión alimenticio

El factor de conversión alimenticio (FCA) fue calculado semanalmente utilizando la siguiente fórmula:

$$F.C.A = Q / B$$

Dónde:

Q = Cantidad de alimento consumido (g).

B = Incremento de la biomasa (g).

3.5.4. Parámetros de calidad de agua

Se realizó el monitoreo de la temperatura y oxígeno disuelto diariamente con un equipo multiparámetro en todos los acuarios. La salinidad se evaluó una vez por semana. Por su parte, el pH y el nitrógeno amoniacal total (TAN) se analizaron al inicio, semanalmente y al final del cultivo mediante el kit colorimétrico API Freshwater Master Test Kit, siguiendo las indicaciones del fabricante. La medición de los parámetros se realizó utilizando los equipos mostrados en la figura 9.

Figura 8

Medición de parámetros utilizando el kit y oxímetro



3.5.5. Procesamiento y análisis de datos

En el experimento se aplicaron tres dietas, cada una con tres repeticiones (tres de cada una). Se aplicó un diseño completamente al azar y se realizó un análisis de varianza para evaluar los resultados. Los factores considerados fueron las dos dietas experimentales y la dieta control.

Los resultados de crecimiento, supervivencia y biomasa obtenidos de los dos tratamientos aplicados en el cultivo de juveniles de *Litopenaeus vannamei* fueron analizados mediante el análisis de varianza (ANOVA) y la prueba de Tukey, estableciendo un nivel de significancia del 5%. Este enfoque permitió determinar con precisión las diferencias entre los tratamientos y cómo cada uno influyó en las variables clave del estudio, proporcionando un análisis del impacto de las dietas en los parámetros evaluados.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Crecimiento de *Litopenaeus vannamei* utilizando diferente tipo de dieta.

A pesar de que la composición de las dietas fue calculada teóricamente y no corroborada con análisis proximal, los resultados biológicos obtenidos constituyen la validación más robusta de su calidad nutricional. La dieta control, formulada con harina de pescado como principal fuente proteica, permitió alcanzar niveles adecuados de crecimiento y supervivencia en los juveniles de *Litopenaeus vannamei*, lo que indica que la materia prima empleada cumplió con los estándares nutricionales esperados. Asimismo, las dietas de sustitución con soya y pota no generaron efectos adversos en el desempeño zootécnico, lo que demuestra que el rango proteico calculado (28 – 35%) fue suficiente para sostener el desarrollo de los organismos. En este sentido, el cumplimiento de los requerimientos nutricionales se valida de manera indirecta a través del rendimiento biológico observado, que constituye en última instancia el estándar final de evaluación en nutrición acuícola.

Al finalizar el periodo experimental de cinco semanas de cultivo, el peso promedio de los langostinos alimentados con la dieta control fue de 3,45 g, valor inferior al registrado en los tratamientos experimentales que incluyeron harina de soya y harina de pota, con promedios de 4,29 g y 4,37 g respectivamente (tabla 3; figura 10). No obstante, el análisis de varianza (ANOVA) y la prueba de Tukey no mostraron diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos ($p > 0,05$), lo cual indica que la sustitución parcial de harina de pescado por fuentes alternativas permitió obtener un crecimiento comparable al de la dieta convencional (Anexos 1 y 2).

Tabla 3

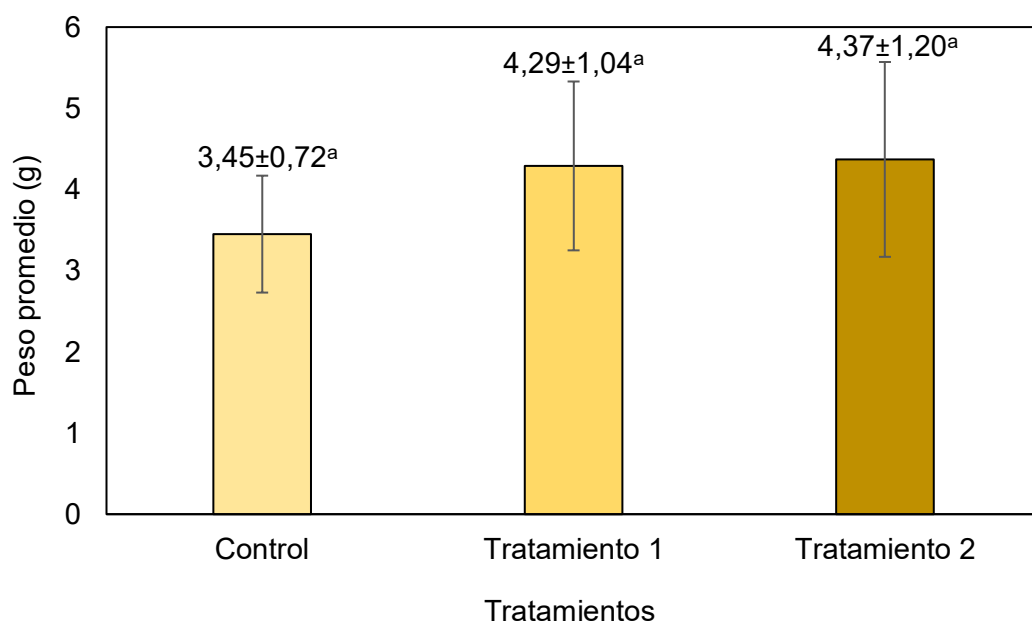
Media y desviación estándar del crecimiento, supervivencia y biomasa de Litopenaeus vannamei

Tratamiento	Peso Promedio (g)	Incremento de Peso total (g)	Supervivencia (%)	Biomasa (g)
Control	3,45±0,72	0,34±0,48	92,67±7,99	31,76±6,03
Tratamiento 1	4,29±1,04	0,54±0,45	96,67±4,88	41,66±9,70
Tratamiento 2	4,37±1,20	0,56±0,83	87,33±11,63	37,65±10,12

En la figura 10 se observa el promedio y la desviación del peso promedio del ensayo experimental de *Litopenaeus vannamei*. Se evidenció que ambos tratamientos mostraron mejores valores a comparación que el control. Sin embargo el análisis de varianza y la prueba de Tukey mostraron que no existió diferencia significativa entre los tratamientos y control ($p>0,05$).

Figura 10

Promedio y desviación estándar del peso promedio (g) por tratamiento y control



En la tabla 4 se observa el peso promedio semanal del ensayo experimental de *Litopenaeus vannamei* en los diferentes tratamiento y control. Se observó un incremento progresivo del peso promedio en todos los tratamientos experimentales. Los tratamientos presentaron mayores valores en comparación con el control desde

la segunda semana. Al final del experimento (semana 5), el tratamiento 1 y 2 mostraron pesos de 5,56 g y 5,64 g respectivamente, superando al control (4,36). Esto significa que los tratamientos mostraron mejores resultados con respecto al crecimiento.

Tabla 4

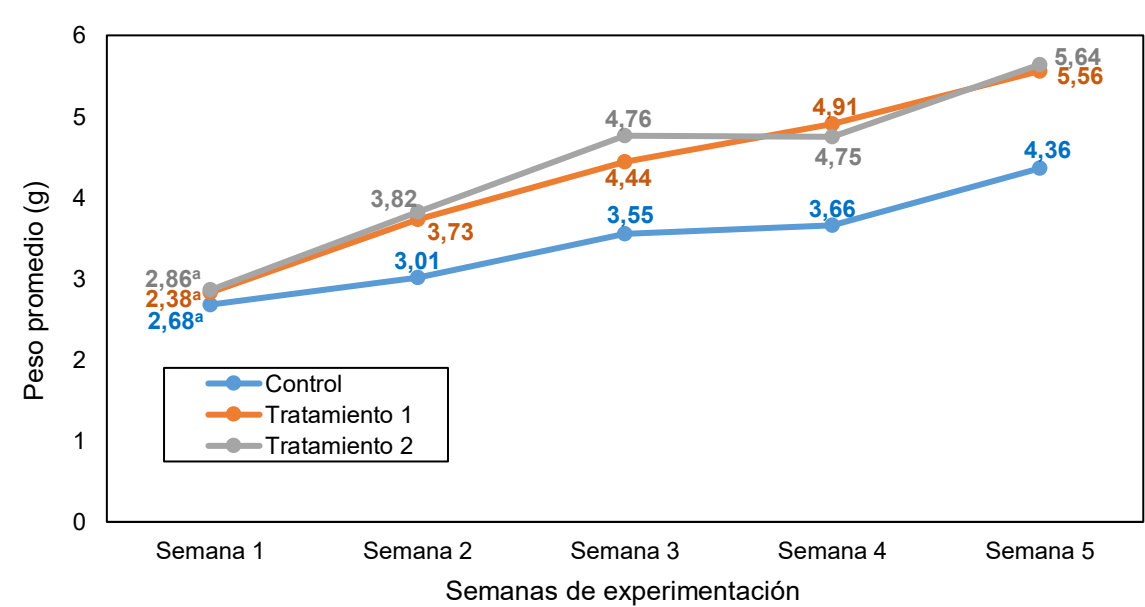
Control de pesos (g) promedios semanales de los diferentes tratamientos y control

Semanas	Tratamiento 1				Tratamiento 2				Control			
	R1	R2	R3	Media±DE	R1	R2	R3	Media±DE	R1	R2	R3	Media±DE
1	2,78	2,84	2,88	2,83±0,05	3,41	2,37	2,80	2,86±0,52	2,64	2,93	2,47	2,68±0,23
2	4,00	3,60	3,60	3,73±0,23	3,67	3,40	4,40	3,82±0,52	2,70	3,00	3,33	3,01±0,32
3	4,40	4,70	4,22	4,44±0,24	4,71	4,13	5,44	4,76±0,66	3,50	3,70	3,44	3,55±0,13
4	4,67	5,40	4,67	4,91±0,42	3,43	4,50	6,33	4,75±1,47	3,75	3,80	3,44	3,66±0,19
5	6,00	6,00	4,67	5,56±0,77	5,57	5,25	6,11	5,64±0,44	3,75	5,44	3,89	4,36±0,94

En la figura 11 se observa la evolución del peso promedio semanal de la fase de experimentación de *Litopenaeus vannamei*. Se evidenció un incremento progresivo en ambos tratamientos y control. Sine embargo, los tratamientos 1 y 2 mostraron mejores ganancias de peso al terminar la semana 5 (final del experimento).

Figura 11

Pesos promedios semanales (g) por tratamiento y control



En la tabla 5 se evidenció la ganancia de peso promedio semanal, observándose que a partir de la semana 2 se registraron incremento en todos los tratamientos y control, destacando el tratamiento 2 con mayores ganancias de pesos en la mayoría de las semanas. En la semana 4 se observó una disminución general, incluyendo un valor negativo en el tratamiento 2. Sin embargo, en la semana 5 se recuperó el crecimiento. Finalmente, el tratamiento 2 mostró la mayor ganancia de peso, seguido el tratamiento 1, mostrando mejores resultados que el grupo control.

Tabla 5

Control de peso semanal promedio de los diferentes tratamientos y control

Semanas	Ganancia de peso semanal (g)											
	Tratamiento 1				Tratamiento 2				Control			
	R1	R2	R3	Media±DE	R1	R2	R3	Media±DE	R1	R2	R3	Media±DE
1	0,00	0,00	0,00	0,00±0,00	0,00	0,00	0,00	0,00±0,00	0,00	0,00	0,00	0,00±0,00
2	1,22	0,76	0,72	0,90±0,28	0,26	1,03	1,60	0,96±0,67	0,06	0,07	0,86	0,33±0,46
3	0,40	1,10	0,62	0,71±0,36	1,05	0,73	1,04	0,94±0,19	0,80	0,70	0,11	0,54±0,37
4	0,27	0,70	0,44	0,47±0,22	-1,29	0,38	0,89	-0,01±1,14	0,25	0,10	0,00	0,12±0,13
5	1,33	0,60	0,00	0,64±0,67	2,14	0,75	-0,22	0,89±0,19	0,00	1,64	0,44	0,70±0,85

Debido a que el presente estudio no incluyó un análisis proximal directo de las dietas experimentales terminadas, los resultados del rendimiento biológico de *L. vannamei* se presentan como una evidencia técnica relevante de la eficacia de las fórmulas. La ausencia de diferencias estadísticas significativas en el crecimiento sugiere que las sustituciones de harina de pescado por soya y pota mantuvieron un equilibrio nutricional apto para juveniles. En este sentido, el desempeño zootécnico observado funciona como un indicador práctico de la aceptación y el aprovechamiento metabólico del alimento, respaldando la viabilidad de la sustitución desde una perspectiva productiva.

Estudios previos demuestran que la sustitución parcial de harina de pescado por fuentes proteicas alternativas, principalmente de origen vegetal o subproductos marinos, puede mantener o incluso mejorar el crecimiento en especies de camarón como *Litopenaeus schmitti* y *L. vannamei*, tal como lo sostiene Álvarez et al. (2005) y Álvarez (2007), evidenciaron que la inclusión de harina de soya combinada con atrayentes naturales, como harina de cabeza de langostino y aceite de pescado,

mejora significativamente el peso final y la tasa de crecimiento, alcanzando incrementos superiores al 17% y mejorando parámetros de supervivencia y conversión alimenticia. Estos hallazgos coinciden con Abd El-Naby et al. (2024), quienes reportaron un peso final óptimo con la inclusión del 20% de harina de soja fermentada, sin afectar la supervivencia, lo que sugiere que la fermentación mejora la digestibilidad y valor nutricional de las proteínas vegetales.

Asimismo, Andam et al. (2024), confirmaron que la harina de mίσido puede sustituir hasta el 100 % la harina de pescado sin detrimento en el crecimiento ni la supervivencia, con un óptimo de sustitución cercano al 65 %. Esto evidencia el potencial de fuentes proteicas marinas alternativas para la formulación de dietas sostenibles. Arámbul (2020) y Araujo (2021), también destacaron que dietas sin harina de pescado, formuladas adecuadamente con proteínas vegetales o hidrolizados, permiten alcanzar pesos finales comparables o superiores a los alimentos comerciales, optimizando la eficiencia productiva y económica.

Los estudios sobre el uso de hidrolizados de subproductos marinos, como los realizados por (Pan et al., 2022; Varillas, 2021), revelan que la suplementación con ingredientes como hidrolizado de calamar o harina de krill mejora no solo el crecimiento, sino también la salud inmunológica del camarón, lo cual contribuye a una mejor utilización del alimento y mayor rendimiento productivo. Por su parte, la inclusión de autolisados de levadura Ma et al. (2020), mejoró la conversión alimenticia y la resistencia a enfermedades, factores cruciales para el crecimiento sostenido en condiciones comerciales.

En general, la revisión de estos antecedentes coincide con los resultados propios obtenidos, donde tratamientos que incluyen harina de soya y harinas marinas, además de atractantes naturales, muestran incrementos significativos en peso promedio y biomasa comparados con dietas comerciales convencionales. Esto ratifica la importancia de formular dietas balanceadas que incorporen fuentes proteicas diversificadas y complementos funcionales para optimizar el crecimiento del camarón.

No obstante, es fundamental considerar que la efectividad de estos sustitutos depende de la adecuada formulación nutricional, balance de aminoácidos

esenciales y la minimización de factores antinutricionales presentes en algunas proteínas vegetales (Porto-Fragozo & Rodríguez-Forero, 2023). Por tanto, futuros estudios deben enfocarse en la optimización de las formulaciones y en la evaluación a largo plazo de los efectos sobre la salud y productividad para garantizar la viabilidad de estas alternativas en sistemas acuícolas sostenibles.

4.2. Supervivencia de *Litopenaeus vannamei* utilizando tres tipos de dietas.

En la tabla 6 y figura 12 se observa la supervivencia semanal en todos los tratamientos evaluados, los mismos que presentaron altos porcentajes de supervivencia, con valores que oscilaron entre 80,0% y 93,3% (semana 5). El tratamiento 1, que incluyó harina de soya y pota, obtuvo la mayor tasa de supervivencia (93,3%), mientras que el tratamiento 2, a pesar de alcanzar el mayor peso promedio, presentó la menor supervivencia relativa (80,0%). Por su parte, el tratamiento control, alimentado con una dieta basada en harina de pescado, alcanzó una supervivencia intermedia (86,7%).

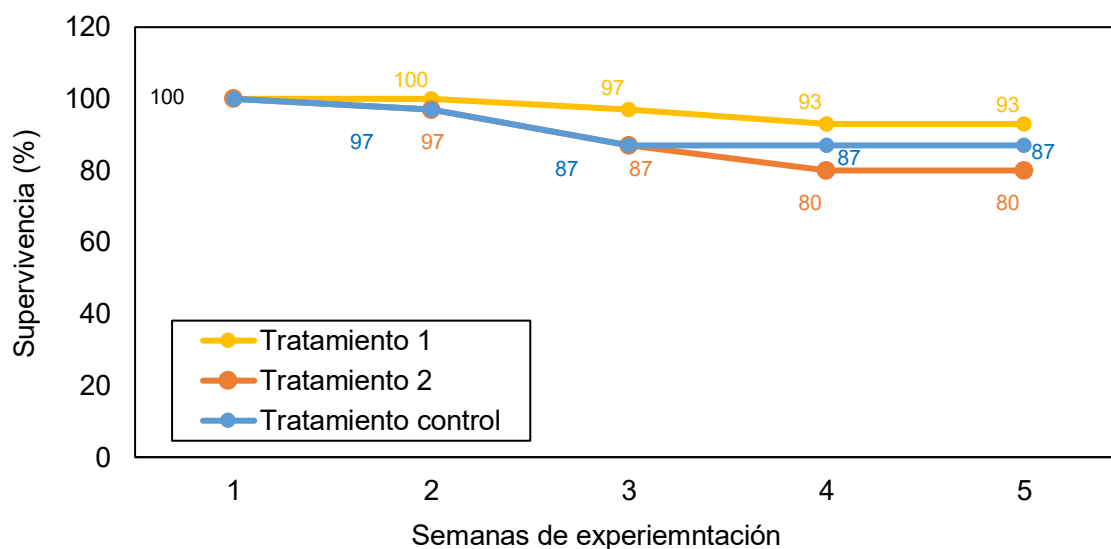
Tabla 3

Supervivencia semanal de los diferentes tratamientos y control

Semanas	Porcentaje de supervivencia (%)											
	Tratamiento 1				Tratamiento 2				Control			
	R1	R2	R3	Media±DE	R1	R2	R3	Media±DE	R1	R2	R3	Media±DE
1	100	100	100	100,0±0,0	100	100	100	100,0±0,0	100	100	100	100,0±0,0
2	100	100	100	100,0±0,0	90	100	100	96,7±5,8	100	100	90	96,7±5,8
3	100	100	90	96,7±5,8	70	80	90	80,0±10,0	80	100	90	90,0±10,0
4	90	100	90	93,3±5,8	70	80	90	80,0±10,0	80	100	90	90,0±10,0
5	90	100	90	93,3±5,8	70	80	90	80,0±10,0	80	90	90	86,7±5,8

Figura 12

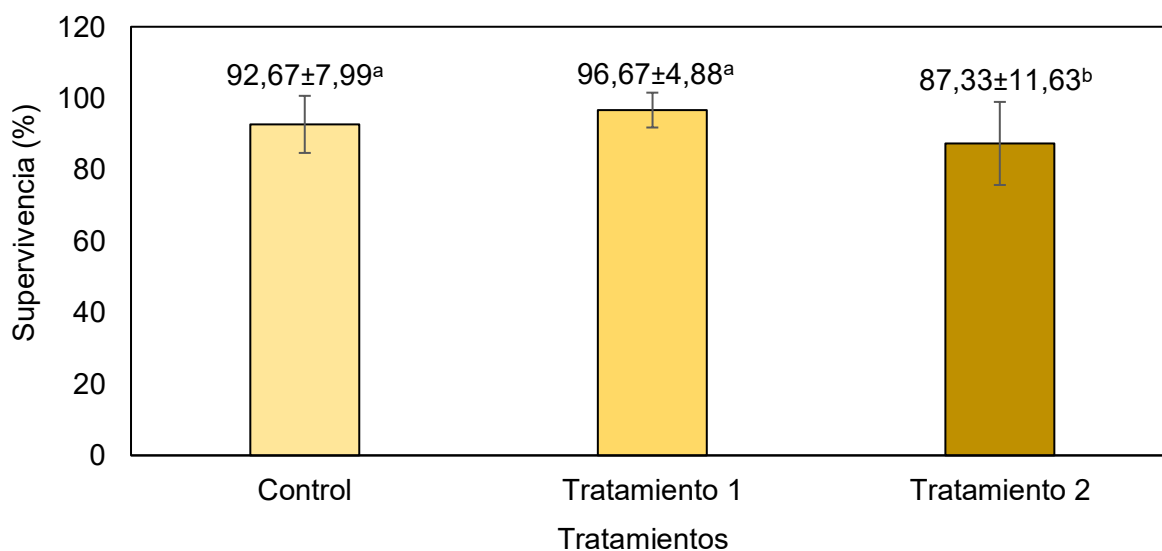
Variación semanal de la supervivencia (%) de los tratamientos y control (semanal)



En la figura 13 se observó diferencia significativa entre los tratamientos ($p < 0,05$) según la prueba de Tukey. Exclusivamente, el tratamiento 2 presentó diferencias significativas, como se detalla en el anexo 2. Estos hallazgos sugieren que el uso de fuentes proteicas alternativas, como la soya y la pota, no solo mantiene, sino que puede mejorar la viabilidad de *Litopenaeus vannamei*, siempre que la dieta esté adecuadamente formulada.

Figura 13

*Supervivencia de *L. vannamei* utilizando tres tipos de dietas (por tratamientos)*



Esta tendencia coincide con lo reportado por Faillace et al. (2016), quienes demostraron que la harina de pescado puede ser reemplazada hasta en un 85 % por harina de soya sin comprometer el rendimiento productivo, incluida la supervivencia. Igualmente, Moreno (2013), encontró que dietas basadas en proteínas vegetales con tan solo un 3 % de harina de pescado lograron supervivencias comparables al alimento comercial, lo que refuerza la viabilidad de las dietas con bajo contenido de insumos marinos. Además, Abd El-Naby et al. (2024), reportaron supervivencias del 100 % en todos los tratamientos, incluso con la inclusión de hasta un 40 % de harina de soya fermentada, lo que evidencia que, además de la fuente proteica, el procesamiento del ingrediente (como la fermentación) puede jugar un papel importante en la digestibilidad y aceptación del alimento.

En el presente estudio, las diferencias observadas entre tratamientos pueden explicarse por múltiples factores, incluyendo la combinación de ingredientes, la presencia de atrayentes naturales y la estabilidad de la dieta en el medio acuático. He et al. (2022), destacaron la importancia del uso de atrayentes marinos como pastas de calamar y camarón, los cuales, aunque no siempre afectan directamente la supervivencia, sí contribuyen a mejorar la ingestión y el estado general de los organismos, lo que puede influir indirectamente en su viabilidad.

Asimismo, los hallazgos de Villarroel (2024), refuerzan la importancia del equilibrio entre proteínas animales y vegetales en la dieta, mostrando que combinaciones adecuadas pueden optimizar tanto la reproducción como la supervivencia en condiciones controladas. De forma complementaria, Suárez et al. (2009) y Noblecilla (2020), sugieren que, con el soporte de tecnologías como la extrusión y fermentación, las proteínas vegetales pueden ser incorporadas exitosamente sin afectar parámetros críticos como la supervivencia, lo que representa una ventaja económica y ambiental frente a las fuentes marinas tradicionales.

4.3. Factor de Conversión

El Factor de Conversión Alimenticio (FCA) es un indicador clave que permite evaluar la eficiencia con la que los langostinos convierten el alimento ingerido en ganancia de biomasa. En la tabla 7 se presenta el alimento suministrado acumulado por semana para los tres tratamientos experimentales: control, tratamiento 1 y tratamiento 2, durante las cinco semanas de experimentación *in vivo*.

Tabla 4

Alimento suministrado acumulado (g) por semana y tratamiento

Semana	Control	Tratamiento 1	Tratamiento 2
1	2,50	5,30	4,20
2	2,35	5,15	4,05
3	2,10	4,80	3,80
4	2,00	4,56	3,59
5	1,85	4,30	3,30
Total de alimento suministrado	10,80	24,11	18,94

Como se puede observar, el alimento suministrado fue ligeramente mayor en los tratamientos experimentales en comparación con el control. Este aumento estuvo relacionado con la estrategia de alimentación basada en el consumo real y la respuesta del langostino a los ingredientes dietarios utilizados, particularmente la harina de pota.

La tabla 8 resume el incremento de biomasa alcanzado por cada grupo experimental. Todos los tratamientos iniciaron con una biomasa promedio de 27 g, permitiendo una comparación directa de los resultados.

Tabla 5

Incremento de biomasa total (B)

Tratamiento	Biomasa final (g)	Biomasa inicial (g)	Incremento de Biomasa Total (B, g)
Control	32,9	27	5,9
Tratamiento 1	41,7	27	14,7
Tratamiento 2	37,7	27	10,7

El mayor incremento de biomasa fue observado en el tratamiento 1, seguido por el tratamiento 2 y finalmente el control, lo que sugiere una mejor conversión de alimento en peso en las dietas que incluyeron sustitutos parciales de harina de pescado. A partir de los datos anteriores, Los resultados del cálculo del Factor de Conversión Alimenticio (FCA) se muestran en la tabla 9.

Tabla 6

Cálculo del Factor de Conversión Alimenticio (FCA)

Tratamiento	Alimento Total (Q,g)	Incremento de Biomasa (B,g)	FCA
Control	10,80	5,9	1,83
Tratamiento 1	24,11	14,7	1,64
Tratamiento 2	18,94	10,7	1,77

El tratamiento 1 obtuvo el FCA más bajo (1,64), lo que evidencia una mayor eficiencia en la conversión del alimento. Este resultado podría atribuirse a la inclusión de harina de pota como fuente proteica y atrayente natural, mejorando la palatabilidad y digestibilidad del alimento.

Estos valores se mantuvieron dentro del rango considerado óptimo para *Litopenaeus vannamei* en condiciones controladas, según diversos estudios. Por ejemplo, Álvarez (2007), observó una reducción del FCA de 2,1 a 1,07 al incluir 5 % de harina de cabezas de langostino y 0,5 % de aceite de pescado en dietas para *L. schmitti*. Aunque la especie y los ingredientes varían, el principio de mejorar la eficiencia a través de aditivos proteicos de origen marino se alinea con los resultados del Tratamiento 1 de este estudio.

Del mismo modo, Álvarez et al. (2005), reportaron un crecimiento mejorado del 17,9 % y un FCA entre 1,5 y 1,7 al usar dietas con harina de cabeza de langostino. El valor de FCA del Tratamiento 1 (1,64) se encuentra dentro de este rango, lo que indica que la combinación de harina de soya y pota puede ser tan eficiente como ingredientes marinos tradicionales.

Por otra parte, Ma et al. (2020), destacaron que la inclusión de 1–2 % de autolisado de levadura redujo el FCA a un rango de 1,60–1,70. Aunque en este estudio no se utilizaron probióticos, los resultados del Tratamiento 1 y 2 fueron comparables, lo

que sugiere que el uso de harinas funcionales vegetales (soya) y marinas (pota) también favorece la eficiencia digestiva y nutricional.

De forma complementaria, Pan et al. (2022), observaron un FCA entre 1,62 y 1,68 en *Penaeus monodon* al utilizar hidrolizado de calamar. Similarmente, Varillas (2021), reportó valores entre 1,58 y 1,75 en *L. vannamei* alimentado con dietas que contenían 3 % de harina de krill o calamar gigante. Ambos estudios refuerzan que las proteínas derivadas de cefalópodos, como la pota, pueden optimizar la conversión alimenticia, en concordancia con el desempeño del Tratamiento 1 del presente estudio.

Faillace et al. (2016), demostraron que hasta el 85 % de la harina de pescado puede ser reemplazada por harina de soya sin afectar significativamente el FCA, obteniendo un valor promedio de 1,70. Por su parte, Carrasco (2016), reportó un FCA de 1,66 al utilizar ensilado biológico de pota, valor muy cercano al obtenido en este trabajo con el tratamiento 1.

Los FCA registrados en este estudio (1,64–1,83) se encuentran dentro del rango reportado en la literatura (1,58–1,75), lo cual respalda que la sustitución parcial de harina de pescado por harinas de soya y pota es una estrategia viable para mantener la eficiencia alimenticia en cultivos experimentales de *L. vannamei*. El valor más alto observado en el tratamiento control (1,83) sugiere una menor palatabilidad o digestibilidad de la dieta convencional, mientras que las dietas experimentales promovieron un mejor aprovechamiento del alimento y, por ende, una conversión más eficiente.

4.4. Control de parámetros físico- químicos

Durante el experimento se supervisaron los parámetros fisicoquímicos del agua en cada uno de los tratamientos, obteniéndose los resultados que se presentan en la tabla 10 y figura 14.

Tabla 7

*Registros de los parámetros físico-químicos del agua de cultivo de *L. vannamei* en acuarios*

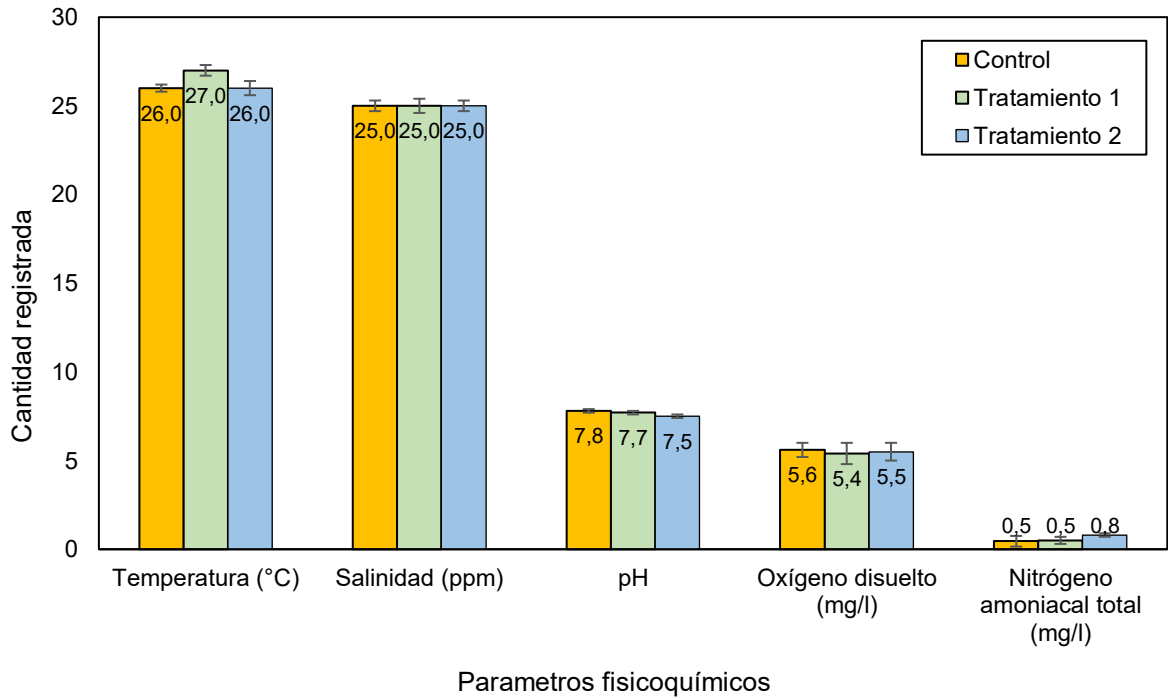
Parámetros fisicoquímicos	Control	Tratamiento 1	Tratamiento 2
Oxígeno disuelto (mg/l)	5,6 ± 0,4	5,4 ± 0,6	5,5 ± 0,5
Temperatura (°C)	26 ± 0,2	27 ± 0,3	26 ± 0,4
Salinidad (ppm)	25 ± 0,3	25 ± 0,4	25 ± 0,3
Nitrógeno amoniacal total (mg/l)	0,45 ± 0,3	0,50 ± 0,2	0,48 ± 0,1
pH	7,8 ± 0,1	7,7 ± 0,1	7,5 ± 0,1

Los valores de oxígeno disuelto oscilaron entre 5,4 ± 0,6 mg/l y 5,6 ± 0,4 mg/l, encontrándose dentro del rango recomendado por Mayer (2012), quien establece valores óptimos entre 4 y 8 mg/l, así como por SENASICA (2003), que indica un mínimo de 4 mg/l. Aunque Clifford (1994), sugiere concentraciones ligeramente superiores (6–10 mg/l), los niveles registrados fueron adecuados para el mantenimiento fisiológico del camarón y no representaron condiciones de hipoxia. En cuanto a la temperatura, los valores se mantuvieron entre 26 ± 0,2 °C y 27 ± 0,3 °C. Si bien estos resultados se encontraron ligeramente por debajo del rango óptimo señalado por Mayer (2012) y Clifford (1994), (28 a 30 °C), sí estuvieron dentro del intervalo aceptable propuesto por SENASICA (2003) (20 a 30 °C), lo que permitió condiciones estables para el desarrollo del cultivo. La salinidad se mantuvo constante en 25 ± 0,3 a 0,4 ppm en todos los tratamientos, encontrándose dentro de los rangos establecidos por Mayer (2012) (15 a 30 ppm), Clifford (1994) (15 a 25 ppm) y SENASICA (2003), (20 a 35 ppm), lo que indica condiciones adecuadas para *L. vannamei*, especie eurihalina con amplia tolerancia salina. Respecto al nitrógeno amoniacal total (TAN), se registraron valores entre 0,45 ± 0,3 mg/l y 0,50 ± 0,2 mg/l. Estos niveles se mantuvieron por debajo del umbral crítico señalado por Bustamante (2022), quien indica que concentraciones superiores a 1 mg/l pueden resultar letales para el langostino. Por lo tanto, los valores obtenidos no representaron riesgo de toxicidad durante el periodo experimental. El pH presentó valores entre 7,5 ± 0,1 y 7,8 ± 0,1, situándose dentro del rango óptimo descrito por Mayer (2012), (7,5 a 8,5) y cercano al intervalo recomendado por SENASICA (2003), (7,8 a 8,3), aunque ligeramente por debajo del rango superior sugerido por Clifford (1994), (8,1 a 9,0). No obstante, se mantuvo en condiciones ligeramente

alcalinas adecuadas para el cultivo. Los parámetros fisicoquímicos se mantuvieron dentro de los rangos estables para el desarrollo óptimo del cultivo de langostino.

Figura 14

*Parámetros fisicoquímicos de *L. vannamei* utilizando tres tipos de dietas*



V. CONCLUSIONES

- 1) La sustitución parcial de harina de pescado por harina de soya y pota en dietas para juveniles de *Litopenaeus vannamei* permitió alcanzar pesos finales de 4,29 g y 4,37 g en los tratamientos experimentales, superiores numéricamente al control (3,45 g). No obstante, el análisis estadístico indicó que no existieron diferencias significativas ($p>0,05$), lo que demuestra que el crecimiento fue comparable desde el punto de vista estadístico y productivo.
- 2) Las tasas de supervivencia se mantuvieron elevadas en todos los tratamientos (T1: 93,3%, T2: 80,0% y control: 86,7), lo que evidencia que la inclusión de soya y pota no afecta la viabilidad del cultivo cuando la dieta se formula en equilibrio nutricional.
- 3) El Tratamiento 1 registró el mejor factor de conversión alimenticia (1,64), seguido del Tratamiento 2 (1,77) y del control (1,83), evidenciando una mayor eficiencia en las dietas con harinas de soya y pota. Estos resultados confirman que la sustitución parcial de harina de pescado es una alternativa viable y sostenible para mantener la eficiencia alimenticia en *Litopenaeus vannamei*.
- 4) Los parámetros de calidad del agua (oxígeno disuelto, temperatura, salinidad, pH y nitrógeno amoniacal total (TAN) permanecieron dentro de los rangos óptimos para *L. vannamei*, asegurando que las diferencias de crecimiento y supervivencia se atribuyen al efecto de las dietas y no a factores ambientales externos.
- 5) El uso de harinas alternativas como la soya y la pota representa una estrategia potencialmente viable bajo condiciones controladas para sustituir la harina de pescado en la alimentación acuícola, esta formulación puede contribuir a una mayor sostenibilidad del cultivo de langostino sin sacrificar el rendimiento productivo.

VI. RECOMENDACIONES

- 1) Realizar ensayos de campo en sistemas semi-intensivos, a fin de validar el desempeño de las dietas con harina de soya y pota bajo variaciones ambientales y mayores densidades de cultivo.
- 2) Desarrollar una evaluación económica comparativa que incluya el costo por kilogramo de biomasa producida y el análisis costo-beneficio de la sustitución parcial de harina de pescado, con el objetivo de determinar su viabilidad financiera a escala productiva.
- 3) Incorporar análisis bromatológicos completos (proteína, lípidos, cenizas, fibra y humedad) y perfil de aminoácidos esenciales de las dietas formuladas, con el fin de correlacionar de manera más precisa la composición nutricional con los resultados productivos obtenidos.
- 4) Evaluar el efecto de estas dietas sobre parámetros inmunológicos y resistencia a enfermedades, especialmente en campañas prolongadas, para determinar su impacto en la salud del organismo.
- 5) Investigar otras fuentes proteicas alternativas (harina de insectos, algas o subproductos marinos hidrolizados), considerando su digestibilidad, perfil aminoacídico y sostenibilidad ambiental.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abd El-Naby, A. S., Eid, A., Gaafar, A. Y., Sharawy, Z., Khattaby, A. A., El-sharawy, M. S., & El Asely, A. M. (2023). Overall evaluation of the replacement of fermented soybean to fish meal in juvenile white shrimp, *Litopenaeus vannamei* diet: growth, health status, and hepatopancreas histomorphology. *Aquaculture Internacional*, 32(2), 1 - 19. <https://link.springer.com/article/10.1007/s10499-023-01234-0>
- Álvarez, J. S. (2007). *Sustitución de harina de pescado por harina de soya e inclusión de aditivos en el alimento a fin de mejorar la engorda del camarón blanco Litopenaeus schmitti* [Tesis de Doctor en Ciencias con mención en Uso, manejo y preservación de los Recursos , Centro de Investigación Biológicas del Noroeste, S.C., La Paz]. <http://dspace.cibnor.mx:8080/handle/123456789/164>
- Álvarez, J. S., Villareal , H., García, T., Galindo, J., & Pelegrin , E. (2005). Estimuladores del consumo de alimentos con alto contenido de harina de soya para el engorde del camarón *Litopenaeus schmitti*. *Revista de Investigaciones Marinas*, 26(3), 243 - 248. <https://cibnor.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1001/2227/1/Villarreal%2C%202005.PDF>
- Álvarez-Perdomo, N., David-Ruales, C., & Collazos-Lasso, L. (2023). Inclusión de harina de biofloc en dietas para acuicultura: una revisión. *Orinoquia*, 27(2), 1 - 16. <https://doi.org/10.22579/20112629.805>
- Andam, M. B., Traifalgar, R. F., Laureta, L. V., Nuñal, S. N., & Nillos, M. G. (2024). Mysid meal as a dietary replacement for fishmeal in the diets of Pacific white shrimp *Penaeus vannamei* (Boone, 1931) postlarvae. *Romtier in Sustainable Food Systems*, 8. <https://www.frontiersin.org/journals/sustainable-food-systems/articles/10.3389/fsufs.2024.1322314/full>

- Apoyos y Servicios a la Comercialización Agropecuaria [ASERCA]. (2018). La pasta de soya en la producción de los alimentos balanceados en México. *Claridades Agropecuarias*, 8, 1 - 10.
- Arámbul, E. (2020). *Efecto de la densidad de siembra, probióticos y tipos de alimentos, sobre el crecimiento, supervivencia y relación beneficio-coste del camarón blanco (Penaeus vannamei), en un cultivo superintensivo con geomembranas* [Tesis para optar el grado de doctor en ciencias en el Área de Ciencias Pesqueras, Universidad Autónoma de Nayarit]. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=371975>
- Araujo, A. N. (2021). *Efecto de un alimento elaborado a base de soya pre-digerida sobre el rendimiento y sobrevivencia de camarón blanco del pacífico (Litopenaeus vannamei) en su etapa de pre-cría* [Proyecto Especial de Graduación, Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano]. <https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/2fcfbe41-5565-4d94-be70-4c2ab11bcd5b/content>
- Bereche, J. S. (2019). *Evaluación de la propuesta de mejoramiento en la producción de harina residual de pota (Dosidicus gigas) en la Empresa SEAFROST SAC - Paita 2018* [Tesis de Ingeniero Pesquero, Universidad Nacional de Piura, Piura, Perú]. https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/RUMP_2cc5fdfe0787983b7785629abc239e8a
- Berger, C. (2019). Aportes de la bio-tecnología a la alimentación y a la inmunoestimulación de camarones peneidos. *Avances En Nutrición Acuicola*. <https://nutricionacuicola.uanl.mx/index.php/acu/article/view/268>
- Bustamante, A. (2022). *Importancia de los parámetros físicos-químicos y biológicos del agua de cultivo de Litopenaeus vannamei en sistemas intensivos y superintensivos* [Tesis de Ingeniero Pesquero Acuicultor, Universidad Técnica de Machala]. <https://repositorio.utmachala.edu.ec/items/389d5d57-9b05-4ed6-a1cb-0ef1024b45be>
- Calvo, M. D., Carranco, M. E., Salinas, C. A., & Carrillo, S. (2016). Composición química de harina de calamar gigante *Dosidicus gigas*. *Archivos*

Latinoamericanos de Nutrición, 66(1), 1 -10. https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0004-06222016000100009

- Cardoso, K. M. (2022). *Redução da porcentagem de inclusão da farinha de peixe em dietas para juvenis do camarão Litopenaeus vannamei, mediante o balanço aminoacídico* [Monografía de graduación, Universidad Federal Do Ceará]. <https://repositorio.ufc.br/handle/riufc/67911>
- Carrasco, J. H. (2016). *Efecto del ensilado biológico de residuos de Dosidicus gigas sobre el crecimiento y factor de conversión alimenticio de Litopenaeus vannamei* [Tesis de Maestría en Acuicultura y Gestión Ambiental, Universidad Nacional de Tumbes]. <https://repositorio.untumbes.edu.pe/items/ef85ce0a-38cf-4d4a-8a22-208405a0e69d>
- Clifford, C. H. (1994). *El manejo de estanques camaroneros* (Un caso de estudios sobre el manejo de estanques de camarón). En J. Zendejas-Hernández, *Memoria del Seminario Internacional de Camaronicultura en México*.
- Cota, Y. E. (2018). *Alimentos con ensilados de calamar, soya y coco en la preengorda de juveniles de camarón blanco (Litopenaeus vannamei) en cultivo hiperintensivo con biofloc* [Tesis de Maestría en Ciencias Marinas y Costeras con orientación en Acuicultura, Universidad Autónoma de Baja California Sur]. <https://biblio.uabcs.mx/tesis/te4018.pdf>
- Ezquerria-Brauer, J., Díaz, A., & Fenucci, J. (2007). *Harina de calamar*. En T. García, H. Villarreal, & J. Fenucci (Eds.), *Manual de ingredientes proteicos y aditivos empleados en formulación de alimentos balanceados para camarones peneidos* (1.^a ed., pp. 42–56). Editorial Universitaria de Mar del Plata. <http://retos-aaa.edu.umh.es/wp-content/uploads/sites/299/2017/06/CV-Marina-J.-Ezquerria.pdf>
- Faillace, J. F., Vergara, R., & Suarez, A. (2016). Evaluación de una fórmula alimenticia para camarón de cultivo (*L. vannamei*) con inclusión de proteína vegetal a base de harina de soya. *Aquatic*(44), 12 - 29. <https://www.redalyc.org/pdf/494/49449812002.pdf>
- Falconi, W. M. (2019). *Cultivo de langostino blanco (Litopenaeus vannamei)* [Monografía de Ingeniero Pesquero , Universidad Nacional San Luis

Gonzaga]. https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UNIC_53b09479ce d06d96f03c31ed48445b1f

- Hamidoghli, A., Won, S., Farris , N. W., Bae, J., Choi, W., Yun, H., & Bai, S. C. (2020). Solid state fermented plant protein sources as fish meal replacers in whiteleg shrimp *Litopenaeus vannamei*. *Animal Feed Science and Technology*, 264, 114474. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0377840119303104>
- He, G., Chen, X., Zeng, Q., Zhu, W., Chen, Z., Tan, B., & Xie, S. (2022). Effects of compound feed attractants on growth performance, feed utilization, intestinal histology, protein synthesis, and Immune response of white shrimp (*Litopenaeus vannamei*). *Animals (Basel)*, 12(19), 2550. <https://www.mdpi.com/2076-2615/12/19/2550>
- Luna, A. (2006). Valor nutritivo de la proteína de soya. *Investigación y Ciencia*, 14(36), 29 -34. <https://www.redalyc.org/pdf/674/67403606.pdf>
- Ma , S., Wang, X., Gao, W., Xu , W., Zhang, W., & Mai, K. (2020). Effects of yeast autolysate in the practical diet on the growth performance, immune response, and disease resistance of pacific white shrimp. *Journal of Aquatic Animal Health*, 32(3), 109-115. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31804744/>
- Martínez, J. A. (1997). *Procesamiento y utilización de diferentes partes del cuerpo del calamar gigante Dosidicus gigas en forma de harina como factor de crecimiento en dietas balanceadas para Litopenaeus vannamei* [Tesis de Maestro en Ciencias con Especialidad en Ecología Acuática y Pesca, Universidad Autónoma de Nueva León]. <https://cd.dgb.uanl.mx/handle/201504211/3207>
- Mayer, E. (2012). Monitoreo de la calidad de agua del estanque para mejorar la producción de camarones y peces. *Aquafeed*. <https://thefishsite.com/articles/monitoring-pond-water-quality-to-improve-production>
- Moreno, A. (2013). *Efecto del reemplazo parcial de la harina de pescado por harina vegetal en la dieta de Litopenaeus vannamei (Boone, 1931) y su interacción en dos sistemas de cultivo y dos líneas genéticas* [Tesis de Maestría en Acuicultura y Ecología Acuática Tropical, Universidad del Magdalena].

<https://agris.fao.org/search/en/providers/124374/records/67050e1eb1dfe472e14511ce>

Noblecilla, G. (2020). *Valoración de la proteína vegetal y proteína animal en el alimento balanceado para el cultivo de Litopenaeus vannamei* [Tesis para optar el título de Ingeniero Acuicultor, Universidad Técnica de Machala]. <https://repositorio.utmachala.edu.ec/items/7e63dfb5-00c9-490e-96cb-e6358510d003>

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (2020). El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2020: La sostenibilidad en acción. <https://doi.org/10.4060/ca9229es>

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (2024). El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2024: La transformación azul en acción. <https://doi.org/10.4060/cd0683es>

Pan, M., Cadiz, R. E., Mameloco, E. J., & Traifalgar, R. F. (2022). Squid industry by-product hydrolysate supplementation enhances growth performance of *Penaeus monodon* fed plant protein-based diets without fish meal. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 6. <https://www.frontiersin.org/journals/sustainable-food-systems/articles/10.3389/fsufs.2022.1027753/full>

Piñeros-Roldan, A. J., Gutiérrez-Espinosa, M. C., & Castro-Guerrero, S. R. (2014). Sustitución total de la harina de pescado por subproductos avícolas suplementados con aminoácidos en dietas para juveniles de *Piaractus brachypomus*, Cuvier 1818. *Orinoquia*, 18(2), 13 - 24. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0121-37092014000200002

Porto-Fragozo, P., & Rodríguez-Forero, A. (2023). Fuentes proteicas alternas como sustituto parcial a la harina de pescado en las formulaciones nutricionales del cultivo de camarón (*Penaeus vannamei*). *Orinoquia*, 27(2). https://www.researchgate.net/publication/383198224_Fuentes_proteicas_alternas_como_sustituto_parcial_a_la_harina_de_pescado_en_las_formulaciones_nutricionales_del_cultivo_de_camaron_Litopenaeus_vannamei

Romero, J. A. (2018). *Diseño de criaderos y cultivo del langostino (Litopenaeus vannamei)* [Informe final, Universidad Nacional del Callao].

https://repositorio.unac.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12952/4056/Romero%20Dextre_IF_2018.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (SENASICA) . (2003). *Manual de Buenas Prácticas de Producción de Acuicola de Camarón para la Inocuidad Alimentaria*. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/859900/2_Camaron.pdf

Suárez, J. A., Gaxiola, G., Mendoza, R., Cadavid, S., García, G., Alanis, G., . . . Cuzon, G. (2009). Substitution of fish meal with plant protein sources and energy budget for white shrimp *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931). *Aquaculture*, 1 - 2(3), 118 - 123. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0044848609000453>

Talledo, S. L. (2010). *Situación y perspectiva de la harina de pescado: Caso peruano de 1980-2007* [Tesis de Magíster en Economía con Mención en Comercio Exterior, Universidad Nacional Mayor de San Marcos]. <https://core.ac.uk/download/pdf/323343862.pdf>

Toyes , E. A. (2016). *Aprovechamiento de subproductos marinos para la alimentación de camarón de cultivo y gallinas ponbedoras* [Tesis de Doctor en Ciencias, Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C]. http://dspace.cibnor.mx:8080/bitstream/handle/123456789/531/toyes_e%20TESIS.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Traifalgar, R. F. (2024). Efecto de harina de mísidos como reemplazo de la harina de pescado en la dieta de postlarvas de camarón blanco del Pacífico. *Responsible Seafood Advocate*. <https://www.globalseafood.org/advocate/efecto-de-harina-de-misidos-como-reemplazo-de-la-harina-de-pescado-en-la-dieta-de-postlarvas-de-camaron-blanco-del-pacifico/>

Varillas, N. I. (2021). *Eficácia da suplementação de atrativos alimentares em dieta prática do camarão Litopenaeus vannamei* [Tesis de Maestro en ciencias Marinas Tropicales, Universidade Federal do Ceará]. <https://repositorio.ufc.br/handle/riufc/65171>

Vegas, M. E. (2019). *Crecimiento de langostino blanco Litopenaeus vannamei (Boone 1931) en jaulas flotantes con diferentes técnicas y frecuencias de*

alimentación, en fase de engorde [Tesis de Ingeniero Pesquero, Universidad Nacional de Piura]. https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/RUMP_eafb927c7ced4f2f226d0e98eaa70381

Villarroel, C. D. (2024). *Comparación de las dietas a base de alimentación natural y comercial en el rendimiento reproductivo de hembras de camarón (Litopenaeus vannamei)* [Tesis de Bióloga, Universidad Estatal Península de Santa Elena]. <https://repositorio.upse.edu.ec/items/da63aa0c-89bc-4603-80af-95606d0658bf>

Yu-Hung, L., & Yu-Ting, C. (2022). *Lactobacillus* spp. fermented soybean meal partially substitution to fish meal enhances innate immune responses and nutrient digestibility of white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) fed diet with low fish meal. *Aquaculture*, 548(1), 1 - 4. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0044848621012977>

ANEXOS

Anexo 1. Análisis de varianza con respecto a la biomasa, supervivencia, peso promedio e incremento de peso de ensayo experimental *in vivo* de *Litopenaeus vannamei*

Tabla 11

Análisis de varianza (ANOVA) con respecto a la biomasa en el ensayo experimental in vivo de Litopenaeus vannamei

ANOVA	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Media Cuadrática	F calculado	Significancia (p)
Tratamiento	578	2	289.2	5.319	0.011
Semanas de experimentación	1414	4	353.4	6.502	<.001
Tratamiento * Semanas de experimentación	243	8	30.4	0.559	0.802
Residuos	1631	30	54.4		

Tabla 12

Análisis de varianza (ANOVA) con respecto a la supervivencia en el ensayo experimental in vivo de Litopenaeus vannamei

ANOVA	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Media Cuadrática	F calculado	Significancia (p)
Tratamiento	658	2	328.9	7.048	0.003
Semanas de experimentación	1378	4	344.4	7.381	<.001
Tratamiento * Semanas de experimentación	342	8	42.8	0.917	0.516
Residuos	1400	30	46.7		

Tabla 13

Análisis de varianza (ANOVA) con respecto al incremento de peso en el ensayo experimental in vivo de Litopenaeus vannamei

ANOVA	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Media Cuadrática	F calculado	Significancia (p)
Tratamiento	5.91	2	2.957	8.338	0.001
Semanas de experimentación	28.64	4	7.159	20.190	<.001
Tratamiento * Semanas de experimentación	2.47	8	0.309	0.872	0.551
Residuos	10.64	30	0.355		

Anexo 2. Prueba de Tukey con respecto a la biomasa, supervivencia, peso promedio e incremento de peso de *ensayo experimental in vivo* de *Litopenaeus vannamei*

Tabla 14

*Prueba de Tukey con respecto a la biomasa en el ensayo experimental in vivo de *Litopenaeus vannamei**

Tratamientos	Promedio	Tukey
Control	32,9	A
Tratamiento 1	41,7	B
Tratamiento 2	37,7	C

Tabla 15

*Prueba de Tukey con respecto a la supervivencia en el ensayo experimental in vivo de *Litopenaeus vannamei**

Tratamientos	Promedio	Tukey
Control	92,67	A
Tratamiento 1	96,67	A
Tratamiento 2	87,33	B

Tabla 16

*Prueba de Tukey con respecto al peso promedio en el ensayo experimental in vivo de *Litopenaeus vannamei**

Tratamientos	Promedio	Tukey
Control	3,45	A
Tratamiento 1	4,29	A
Tratamiento 2	4,37	A

Tabla 17

*Prueba de Tukey con respecto al incremento de peso promedio en el ensayo experimental in vivo de *Litopenaeus vannamei**

Tratamientos	Promedio	Tukey
Control	0,34	A
Tratamiento 1	0,54	A
Tratamiento 2	0,56	A